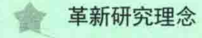


格致方法·定量研究系列　吴晓刚　主编

创新扩散模型

[美] 维贾伊·马哈贾（Vijay Mahajan）
罗伯特·A.彼得森（Robert A.Peterson） 著
陈伟 译　陈佳莹 校


革新研究理念


丰富研究工具

最权威、最前沿的定量研究方法指南

48

格致出版社　上海人民出版社

格致方法 · 定量研究系列　吴晓刚　主编

创新扩散模型

[美] 维贾伊 · 马哈贾(Vijay Mahajan)
罗伯特 · A.彼得森(Robert A. Peterson) 著
陈伟 译　陈佳莹 校

SAGE Publications, Inc.

格致出版社　上海人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

创新扩散模型/(美)维贾伊·马哈贾,(美)罗伯特·A.彼得森著;陈伟译.—上海:格致出版社:上海人民出版社,2016.10
(格致方法·定量研究系列)
ISBN 978-7-5432-2660-9

Ⅰ.①创… Ⅱ.①维… ②罗… ③陈… Ⅲ.①扩散模型-研究 Ⅳ.①F224.0

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第209040号

责任编辑 贺俊逸

格致方法·定量研究系列

创新扩散模型

[美]维贾伊·马哈贾 罗伯特·A.彼得森 著
陈伟 译 陈佳莹 校

出 版 世纪出版股份有限公司 格致出版社 世纪出版集团 上海人民出版社 (200001 上海福建中路193号 www.ewen.co)  编辑部热线 021-63914988 市场部热线 021-63914081 www.hibooks.cn	**印 刷** 浙江临安曙光印务有限公司 **开 本** 920×1168 1/32 **印 张** 4.5 **字 数** 76,000 **版 次** 2016年10月第1版 **印 次** 2016年10月第1次印刷
发 行 上海世纪出版股份有限公司发行中心	

ISBN 978-7-5432-2660-9/C·155 定价:25.00元

出版说明

由香港科技大学社会科学部吴晓刚教授主编的“格致方法·定量研究系列”丛书，精选了世界著名的SAGE出版社定量社会科学研究丛书，翻译成中文，起初集结成八册，于2011年出版。这套丛书自出版以来，受到广大读者特别是年轻一代社会科学工作者的热烈欢迎。为了给广大读者提供更多的方便和选择，该丛书经过修订和校正，于2012年以单行本的形式再次出版发行，共37本。我们衷心感谢广大读者的支持和建议。

随着与SAGE出版社合作的进一步深化，我们又从丛书中精选了三十多个品种，译成中文，以飨读者。丛书新增品种涵盖了更多的定量研究方法。我们希望本丛书单行本的继续出版能为推动国内社会科学定量研究的教学和研究作出一点贡献。

总 序

2003年，我赴港工作，在香港科技大学社会科学部教授研究生的两门核心定量方法课程。香港科技大学社会科学部自创建以来，非常重视社会科学研究方法论的训练。我开设的第一门课"社会科学里的统计学"(Statistics for Social Science)为所有研究型硕士生和博士生的必修课，而第二门课"社会科学中的定量分析"为博士生的必修课(事实上，大部分硕士生在修完第一门课后都会继续选修第二门课)。我在讲授这两门课的时候，根据社会科学研究生的数理基础比较薄弱的特点，尽量避免复杂的数学公式推导，而用具体的例子，结合语言和图形，帮助学生理解统计的基本概念和模型。课程的重点放在如何应用定量分析模型研究社会实际问题上，即社会研究者主要为定量统计方法的"消费者"而非"生产者"。作为"消费者"，学完这些课程后，我们一方面能够读懂、欣赏和评价别人在同行评议的刊物上发表的定量研究的文章；另一方面，也能在自己的研究中运用这些成熟的方法论技术。

上述两门课的内容，尽管在线性回归模型的内容上有少

量重复，但各有侧重。“社会科学里的统计学”从介绍最基本的社会研究方法论和统计学原理开始，到多元线性回归模型结束，内容涵盖了描述性统计的基本方法、统计推论的原理、假设检验、列联表分析、方差和协方差分析、简单线性回归模型、多元线性回归模型，以及线性回归模型的假设和模型诊断。“社会科学中的定量分析”则介绍在经典线性回归模型的假设不成立的情况下的一些模型和方法，将重点放在因变量为定类数据的分析模型上，包括两分类的 logistic 回归模型、多分类 logistic 回归模型、定序 logistic 回归模型、条件 logistic 回归模型、多维列联表的对数线性和对数乘积模型、有关删节数据的模型、纵贯数据的分析模型，包括追踪研究和事件史的分析方法。这些模型在社会科学研究中有着更加广泛的应用。

修读过这些课程的香港科技大学的研究生，一直鼓励和支持我将两门课的讲稿结集出版，并帮助我将原来的英文课程讲稿译成了中文。但是，由于种种原因，这两本书拖了多年还没有完成。世界著名的出版社 SAGE 的“定量社会科学研究”丛书闻名遐迩，每本书都写得通俗易懂，与我的教学理念是相通的。当格致出版社向我提出从这套丛书中精选一批翻译，以飨中文读者时，我非常支持这个想法，因为这从某种程度上弥补了我的教科书未能出版的遗憾。

翻译是一件吃力不讨好的事。不但要有对中英文两种语言的精准把握能力，还要有对实质内容有较深的理解能力，而这套丛书涵盖的又恰恰是社会科学中技术性非常强的内容，只有语言能力是远远不能胜任的。在短短的一年时间里，我们组织了来自中国内地及香港、台湾地区的二十几位

研究生参与了这项工程，他们当时大部分是香港科技大学的硕士和博士研究生，受过严格的社会科学统计方法的训练，也有来自美国等地对定量研究感兴趣的博士研究生。他们是香港科技大学社会科学部博士研究生蒋勤、李骏、盛智明、叶华、张卓妮、郑冰岛，硕士研究生贺光烨、李兰、林毓玲、肖东亮、辛济云、於嘉、余珊珊，应用社会经济研究中心研究员李俊秀；香港大学教育学院博士研究生洪岩璧；北京大学社会学系博士研究生李丁、赵亮员；中国人民大学人口学系讲师巫锡炜；中国台湾"中央"研究院社会学所助理研究员林宗弘；南京师范大学心理学系副教授陈陈；美国北卡罗来纳大学教堂山分校社会学系博士候选人姜念涛；美国加州大学洛杉矶分校社会学系博士研究生宋曦；哈佛大学社会学系博士研究生郭茂灿和周韵。

参与这项工作的许多译者目前都已经毕业，大多成为中国内地以及香港、台湾等地区高校和研究机构定量社会科学方法教学和研究的骨干。不少译者反映，翻译工作本身也是他们学习相关定量方法的有效途径。鉴于此，当格致出版社和 SAGE 出版社决定在"格致方法 · 定量研究系列"丛书中推出另外一批新品种时，香港科技大学社会科学部的研究生仍然是主要力量。特别值得一提的是，香港科技大学应用社会经济研究中心与上海大学社会学院自 2012 年夏季开始，在上海（夏季）和广州南沙（冬季）联合举办《应用社会科学研究方法研修班》，至今已经成功举办三届。研修课程设计体现"化整为零、循序渐进、中文教学、学以致用"的方针，吸引了一大批有志于从事定量社会科学研究的博士生和青年学者。他们中的不少人也参与了翻译和校对的工作。他们在

繁忙的学习和研究之余，历经近两年的时间，完成了三十多本新书的翻译任务，使得“格致方法・定量研究系列”丛书更加丰富和完善。他们是：东南大学社会学系副教授洪岩璧，香港科技大学社会科学部博士研究生贺光烨、李忠路、王佳、王彦蓉、许多多，硕士研究生范新光、缪佳、武玲蔚、臧晓露、曾东林，原硕士研究生李兰，密歇根大学社会学系博士研究生王骁，纽约大学社会学系博士研究生温芳琪，牛津大学社会学系研究生周穆之，上海大学社会学院博士研究生陈伟等。

陈伟、范新光、贺光烨、洪岩璧、李忠路、缪佳、王佳、武玲蔚、许多多、曾东林、周穆之，以及香港科技大学社会科学部硕士研究生陈佳莹，上海大学社会学院硕士研究生梁海祥还协助主编做了大量的审校工作。格致出版社编辑高璇不遗余力地推动本丛书的继续出版，并且在这个过程中表现出极大的耐心和高度的专业精神。对他们付出的劳动，我在此致以诚挚的谢意。当然，每本书因本身内容和译者的行文风格有所差异，校对未免挂一漏万，术语的标准译法方面还有很大的改进空间。我们欢迎广大读者提出建设性的批评和建议，以便再版时修订。

我们希望本丛书的持续出版，能为进一步提升国内社会科学定量教学和研究水平作出一点贡献。

吴晓刚

于香港九龙清水湾

序

正如作者在介绍中所提到的，扩散过程是被广泛研究的社会过程之一，相关研究见诸所有的社会科学中，比如教育学、地理学以及各种商业应用。研究的主题从广泛存在的某些现象如信用卡，到某些特殊的主题如钢铁企业中氧气顶吹转炉的扩散过程。

这种普遍的兴趣带来充满活力的知识氛围和经常性的新发现，但是也存在一些可能的缺陷。第一，同样的理论发现和相似的经验结果常常在每个学科中被重复发现。第二，这意味着对这个主题感兴趣的学生或者研究人员若想要了解最好的和最新的成果，他们必须熟悉多个学科的符号和语言系统。

由于在扩散方面有如此多的成果并被广泛应用于如此多的学科，就要求有一个能够连接各知识领域和记载基本发现的清晰且一致的方式。由维贾伊・马哈贾和罗伯

特·A.彼得森撰写的《创新扩散模型》迎合了这一需求。他们对任何创新随时间扩散的研究提供了一个有力工具，并且做了超前的清晰易懂的介绍。尽管他们的方式是抽象且一般化的，但是他们始终试图通过参考许多领域的成果以达到综合性的目标。他们还通过介绍一些有用的案例以使他们的著作更通俗易懂。

在第2章，马哈贾和彼得森介绍了一个基础的确定性扩散模型，并以此回顾和融合许多被广泛使用的扩散模型。除了涵盖关于估计和解释模型参数的内容，这部分还强调了在使用基础扩散模型时明确的和暗含的假定。第3章讨论了多个可变扩散模型。这些模型对模式敏感(pattern sensitive)，能够适应许多扩散模式。

第4章涵盖了几个高级扩散模型，包括动态模型、多重创新模型、时空模型以及那些直接包括影响因素或变动中介的模型。第5章包括扩散模型在不同情境下的使用以及需要告知读者在学科和创新之间模型的共性。第6章包括进一步发展和使用扩散模型的技术性建议。

理查德·G.尼米

目 录

序 1

第 1 章 基本概念 1
- 第 1 节 S形曲线 4
- 第 2 节 扩散模型 6
- 第 3 节 整合的需要 8
- 第 4 节 叙述结构 10

第 2 章 基础扩散模型 13
- 第 1 节 外部影响模型 18
- 第 2 节 内部影响模型 21
- 第 3 节 混合影响模型 25
- 第 4 节 关于参数估计 27
- 第 5 节 评论 29
- 第 6 节 案例 32

第 3 章 可变扩散模型 35
- 第 1 节 重新检验 38
- 第 2 节 可变模型 40
- 第 3 节 评论 48

第 4 章 扩展与改善 49
第 1 节 动态扩散模型 51
第 2 节 多重创新扩散模型 56
第 3 节 时空扩散模型 59
第 4 节 多阶段扩散模型 63
第 5 节 多重采纳扩散模型 68
第 6 节 具有影响/改变中介的扩散模型 72
第 7 节 评论 78

第 5 章 应用说明 79
第 1 节 CAT 扫描仪的扩散 81
第 2 节 长壁采矿技术的扩散 85
第 3 节 口服避孕药在泰国的扩散 89
第 4 节 计算机终端设备在已有工程环境的扩散 94
第 5 节 电话银行业务扩散 99
第 6 节 评论 102

第 6 章 现状和展望 103

附录 Von Bertalanffy 模型推导 109
注释 119
参考文献 122
译名对照表 126

第1章

基本概念

一项创新的扩散通常被定义为一种过程：创新通过该过程"在一个社会系统的成员中随时间在不同渠道间传播"(Rogers, 1983:5)。由此可见，扩散过程中存在四个关键元素：创新、传播渠道、时间和社会系统。一项创新是被社会系统的成员所认可的新的想法、目标或者实践，它的范围从传言到装备火箭的舰船，从冲浪板到超市扫描系统。传播渠道是指信息传递到社会系统或者社会系统内部传递的方式。大众媒体传播渠道包括广播、电视、报纸以及杂志。人际传播渠道指在两个或多个社会系统成员间的面对面联系。时间关联于创新扩散率或者关联于社会系统中的成员采纳该创新的速度。在当前的情境里，社会系统包括那些共享相同"文化"的个人、组织或者机构，他们是创新的潜在采纳者。因此，一个社会系统中成员的范围可以从登记于某门课程的学生或者住在某个街区的顾客，到经济组织和政府机构，甚至到州和国家。

关于创新扩散的研究文献非常多，包括数以千计的文

章、图书以及各式各样的出版物。确实，扩散过程或许是被广为记录和研究的社会现象之一。至今为止，对扩散过程的研究已经存在于近20个截然不同的学术领域中，包括地理学、社会学、经济学以及教育学。表1.1列举了20世纪七八十年代所深入研究的不同类型的创新扩散模式。其他许多创新扩散模式在接下来的章节中会仔细介绍。

表1.1　扩散模式研究举例

研究人员	创　新	社会系统
Rapoport(1978)	放射性同位素	美国医院
Perry & Kraemer(1978)	计算机应用	地方政府
Malecki(1977)	信用卡	俄亥俄州的银行
Brown & Philliber(1977)	父母接纳计划	美国社区
Teece(1980)	M型管理架构	工业企业
Pitcher et al.(1978)	集体暴力	国家
Oster(1982)	氧气顶吹转炉	钢铁企业

第 1 节 | S 形曲线

尽管许多创新和扩散过程被研究，但一个研究结论是重复出现的：如果将一项扩散模式的累积用时间路径或时间模式画成图，结果的分布可以大致描述为一个 S 形曲线。图 1.1 就是这样一个曲线。在扩散过程中所观察到的规律来自在每个时间段的开始阶段只有社会系统中的少数成

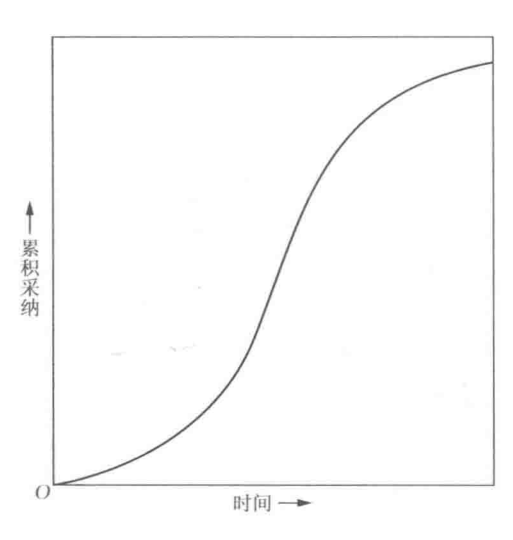


图 1.1 S 形扩散曲线

员采纳这项创新。然而，在随后的时间段里，当扩散过程开始更完整地展现时，每个阶段的采纳数逐步上升。最后，扩散曲线的轨迹放缓且开始变得平滑，最终接近最高的渐近线。在这个点上，扩散完成。

尽管大多数的创新扩散模式可以描述为一个常见的S形曲线，但每个曲线的模式可能还是不一样的，包括斜率和渐近线。例如，对于快速扩散而言，开始时的斜率是非常陡的；而对于比较缓慢的扩散而言，则是不陡峭的。

许多假设和解释已经被用于解释扩散曲线的S形特性。Mansfield(1961)假设扩散率是该项创新的经济优势大小、采纳该项创新需要的投资数和该项创新的不确定性系数的一个函数。相似地，Griliches(1957)、Robinson和Lakhani(1975)以及布朗Brown(1981)建议用供求原理作为扩散的一种解释。相比之下，Casetti & Semple(1969)和Sahal(1981)在解释扩散模式时使用了一个学习理论；Hagerstrand(1967)以及Bernhardt & MacKenzie(1972)提供了一个信息转换的解释。

有研究者已经提出了另外的解释，比如Blackman(1974)以及Sharif & Kabir(1976)。他们在解释扩散过程时候参考使用了技术替代框架。尤其是，他们假设因为一项创新典型地替换一个现存的产品、服务或者技术(比如，人造纤维对自然纤维的替代)，替换过程的动力机制同时由扩散率和扩散曲线的形状决定。最后，Rogers(1983)提供了一个基于传播的理论去解释不同现象的扩散。

第2节 | 扩散模型

对扩散过程的早期研究大多集中于使用预先设定的倾向或者分布函数等术语来描述观察到的扩散模式。例如,累积正态、Gompertz模型和logistic分布函数都被用于构建扩散过程模型,因为每个分布函数都是一个S形曲线。[1]然而,因为任何单峰分布函数通常获得一个S形曲线,所以它常常不能在经验上确定哪个竞争性的趋势或者分布函数能够最好地描述一个给定的扩散曲线。因此,出现了尝试发展以理论为基础的"扩散模型",来分析和模型化一项创新随时间变化的传播过程。

尤其是,扩散模型已经发展为使用简单数学函数描述一项创新在社会系统的既定潜在采纳者间的采纳程度和速度,这组简单的数学函数表示为引入该项创新所花费的时间。扩散模型的目的是描绘采纳者数量或采纳单位随时间持续增加。扩散模型允许预测扩散过程随时间变化的持续过程,也降低了使用某些一般文字术语对扩散过程的动力机制进行理论解释的难度。特别有意思的

是，大多数扩散模型根源于那些生物学中研究流行病或者生死过程中使用的那些模型（比如，Bailey，1957；Pielou，1969）。

第 3 节 | 整合的需要

尽管这些模型广泛使用和应用于扩散和创新事件中，但还是缺乏关于它们共同的和相区别特征的信息。进一步而言，既没有系统讨论这些模型各自的优势，也没有为合理地使用它们研究创新扩散提供一定的准则。概言之，现存的扩散模型经常被特定的、非理论的方式使用，而没有考虑到任何概念框架。

20 年前，Katz 等(1963:240)评论道："我们所考察的不同传统的扩散研究者几乎不知道对方的存在。"最近，Kelly 和 Kranzberg(1978:173)写道：

> 通常扩散研究传统的观点和重点基本上各不相同，但是它们之间总体来说并非不相容或者冲突。它们事实上——尽管不那么明确——是互补的。一方未被解释的残余部分往往是另一方主要关注的重点。

不幸的是，这种情况现在仍然存在。尽管有大量的扩

散文献，但是仍然存在研究发现“缺乏扩散”的现象。比如，经济学研究者对自己学科的其他研究者所做的工作有很好的理解，但他们却不关心工业管理学、社会学、市场研究等其他学科所做的相似的或者相关的研究。简言之，很少有研究者对一项创新扩散的研究是建立在其之前的研究以及其他学科资料基础之上的。

本书通过详尽介绍那些广为使用的扩散模型、展示它们之间的共同特征，并建议合适的应用方式，将给读者提供有力的工具，用于研究任何创新的时间扩散过程。本书的主要目的是促进读者应用这些扩散模型而非在某些特定的基础上“重新创造”工具或者使用不合适的工具。希望接下来的讨论能够帮助对创新扩散感兴趣的研究者。解释完本书的论述主旨后，接下来的讨论将局限于确定性扩散模型。

第4节 | 叙述结构

第2章将介绍一个基础的确定性扩散模型，它用于分析一项创新随时间变化的扩散。这个模型是一般性的，它的推导没有涉及任何特定的技术、组织或社会背景。在简单讨论扩散模型的公式和概念之后，我们将会回顾一下几个被广为引用的扩散模型。另外，基础模型和分布函数之间的关系常常被用于构建扩散模型，比如将讨论指数衰减、logistic 和 Gompertz 模型。这一章特别强调基础扩散模型系数的解释。最后，还将分析使用基础模型所涉及的暗含的(implicit)和明确的(explicit)假设。

第3章涉及对可变扩散模型的讨论。与第2章相似，第3章先描述挑选出的基本模型概念，再配以公式和图例描述可变模型。这些模型对模式敏感(pattern sensitive)，所以可以用于许多扩散模式。

第4章描述几个高级扩散模型和基础模型的扩展，还将讨论动态扩散模型(dynamic diffusion model)、多重创新扩散模型(multi-innovation diffusion models)、时空扩散模

型(space and time diffusion models)、多阶段扩散模型(multistage diffusion models)、多重采纳扩散模型(multi-adoption diffusion models),这些模型直接纳入了影响力或者变革促进者。总体来说,第3章和第4章介绍扩散模型的发展水平。第5章阐明如何在不同背景下应用扩散模型,目的是展现扩散模型的普遍性和功用。最后一章简要总结所展示的内容,并为使用扩散模型提供了概念见解和技术性建议。

本书最后还有一个附录,包含一般的可变扩散模型的简单推导。



第2章

基础扩散模型

为了应用和解释任何扩散模型的结果，我们必须首先理解其概念和数学原理。这反过来要求了解那些与基础模型公式暗含的和明确的假设相关的知识。这些知识可以如此获得：先构建简单的或者基础的扩散模型，然后考察其主要元素和基础。

扩散模型能够使用不同的方程表示：

$$\frac{dN(t)}{dt}=g(t)[\overline{N}-N(t)] \qquad [1]$$

有边界条件：

$$N(t=t_0)=N_0$$

这里，$N(t)$ = 在时间 t 的累积采纳者数量，

$(N(t)=\int_{t_0}^{t} n(t)dt$，$n(t)$ 是在时间 t 的非累积采纳者数量)；

$\overline{N}$ = 在时间 t 社会系统中所有潜在采纳者的数量[2]；

$\frac{dN(t)}{dt}$ = 在时间 t 的扩散率；

$g(t)$＝扩散的系数，

以及 N_0＝在时间 t_0 的累积采纳者数量。[3]

方程1所呈现的扩散模型是一个确定速率方程(deterministic rate equation)。它假定，在任何时间 t，一项创新的扩散率是在这个时间点所存在的可能采纳者总数与该时间点的先行采纳者数量的之差($[\overline{N}-N(t)]$)的一个函数，也即该差是成比例的。该模型公式的结果是，当先行采纳者的累积数量 $N(t)$，接近社会系统中可能采纳者总数 $\overline{N}$ 时，扩散的速率下降。

时间 t 的扩散速率和潜在采纳者数量两者之间的关系形式和性质，$[\overline{N}-N(t)]$，由扩散系数 $g(t)$ 表示或者控制。$g(t)$ 的确切值依赖于扩散过程的特征：该项创新的性质、使用的传播渠道以及社会系统属性。[4] 另外，$g(t)$ 能够解释为在时间 t 采纳的概率。如果这样解释可行，那么 $g(t)\cdot[\overline{N}-N(t)]$ 表示的是在时间 t 期望的采纳者数量，$n(t)$。此外，如果 $n(t)$ 被视为在时间 t 社会系统成员从潜在采纳者状态转变为采纳者状态的数量，那么 $g(t)$ 能够被视为一种转变机制、一个传导系数或者一个转变系数。

两种截然不同的方法已经被用于表示 $g(t)$。一种将 $g(t)$ 表示为时间的函数；另一种将 $g(t)$ 作为先行采纳者数量的一个函数。因为后一种方法更为普遍，这里也采用这种方法。尤其是，$g(t)$ 能够表达为 $N(t)$ 的一个函数，

如下：

$$g(t)=a+bN(t)+cN(t)^2+\cdots$$

然而，为了方便起见，需要保持分析的简约性以及简化解释和系数估计，$g(t)$已经特别用表示为

$$g(t)=a$$

$$g(t)=bN(t)\text{，或者}$$

$$g(t)=(a+bN(t))$$

这里 a 和 b 作为模型的系数或者参数。

如果 $g(t)=a$，基础扩散模型可以表示为

$$\frac{dN(t)}{dt}=a[\overline{N}-N(t)] \qquad [2]$$

为了教学目的，这个版本将被称作为外部影响扩散模型。

如果 $g(t)=bN(t)$，基础扩散模型可以写成：

$$\frac{dN(t)}{dt}=bN(t)[\overline{N}-N(t)] \qquad [3]$$

这个版本将被记为内部影响扩散模型。

最后，如果 $g(t)=(a+bN(t))$，基础扩散模型可以写成：

$$\frac{dN(t)}{dt}=(a+bN(t))[\overline{N}-N(t)] \qquad [4]$$

在这个版本中，这个模型记为混合影响扩散模型，因为它同时包括方程 2 和方程 3。

三个版本均会形成一条扩散曲线，其参数同时具有理论上和经验上的解释和含义。因为这个，所以接下来基础扩散模型的三个版本均会分别考察。[5]

第 1 节 | 外部影响模型

如上所述，在外部影响模型，

$$\frac{dN(t)}{dt}=a[\overline{N}-N(t)]$$

常数项 a 被定义为外部影响的指数或者系数，来自社会系统的外部。[6]一般而言，a 表示“变革促进者”在扩散过程上的影响——任何不同于先行采纳者的影响。a 常常被理解为表示大众传播媒体对扩散过程的作用，它也被用于表示政府部门、售卖人员之类的影响。概念上，a 可以用于表示如下渠道的作用：传播的垂直渠道、传播的集中渠道、传播的结构化渠道，或者传播的正式渠道。

通过方程 2 中的元素整合，能够导出累积采纳者分布。于是：

假如 $N(t=t_0=0)=0$

$$N(t)=\overline{N}[1-\exp(-at)] \text{ 或者 } \ln\left[\frac{1}{\left(1-\frac{N(t)}{\overline{N}}\right)}\right]=at$$

外部影响模型的流行得益于 Coleman 等人(1966)的工作,他们曾研究一种新药在美国四个中西部社区的医生中扩散。该模型的结果是一个指数衰减扩散曲线或者修正的指数扩散曲线(比如,指数为负)。该曲线的一般形状如图 2.1 所示;累积采纳者数量随时间增加,但是保持一个(恒定)递减的增长率。根据这个方程形式的扩散过程假设驱动力仅仅来自于社会系统外部传播源所带来的信息。因此,应用该扩散模型要求存在如此假定:在时间 t 的扩散率仅仅依赖于在时间 t 社会系统内存在的潜在采纳者数量。换言之,该模型对任何扩散都不考虑先行采纳者和潜在采纳者之间的交互作用。

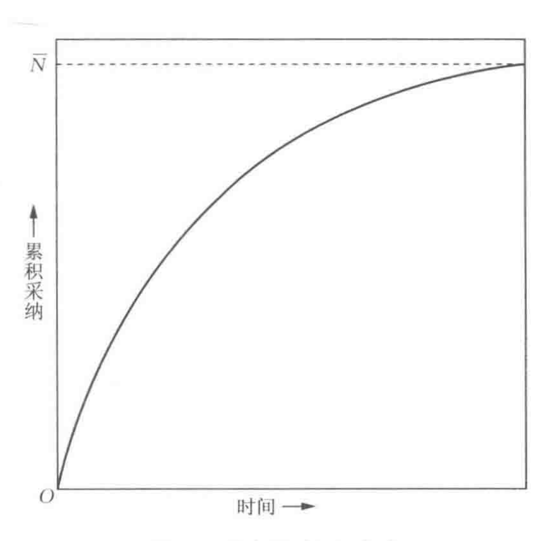


图 2.1 外部影响扩散曲线

Hamblin 等人(1973)详述了外部影响模型的应用。研究者们使用外部影响模型去分析"创新"数据，那些数据分别表示在64个发展中国家长达20年的工人罢工数量和政治暗杀。因为这些国家在地理上广阔地分布，而这些"创新"时间独立，没有证据证明罢工者和暗杀者之间存在交流或者共谋，所以假定社会系统成员中没有交互作用。相反，假设大众媒体——报纸、广播和杂志——是唯一的共有传播渠道。一般而言，外部影响模型适合于当社会系统成员是孤立的时候(比如，不会相互影响)，在 Coleman 等人(1966)的研究中，某些医生即如此；或者适合于创新不那么复杂且/或受制于人际传播(比如，反常举动或非社会性的出众产品)；或者适合于当关于创新的充分信息仅仅来源于社会系统的外部。[7]

第2节 | 内部影响模型

与外部影响模型所假设的社会系统成员之间不存在人际传播相反，内部影响模型：

$$\frac{dN(t)}{dt}=bN(t)[\bar{N}-N(t)]$$

建立在传染范式的基础上，该扩散仅仅通过人际接触进行。在内部影响模型中，扩散率被独立地作为社会系统中先行采纳者和潜在采纳者之间的人际传播或社会交互的一个函数。人际传播或者社会交互由 $N(t)\cdot[\bar{N}-N(t)]$ 表示，即(先行采纳者)×(潜在采纳者)。所以，方程3能够被视为表达一个纯模拟的扩散模型。

该模型的累积采纳者分布函数可以像前例一样通过求积分推导出来：

$$N(t)=\frac{\bar{N}}{1+\frac{(\bar{N}-N_0)}{N_0}\exp[-b\bar{N}(t-t_0)]}$$

或者

$$\ln\left[\frac{N(t)}{\overline{N}-N(t)}\right]=\ln\left[\frac{N_0}{(\overline{N}-N_0)}\right]+b\overline{N}(t-t_0)$$

这里，$N(t=t_0)=N_0$。[8]

如图 2.2 所示，这与 logistic 扩散曲线相似。

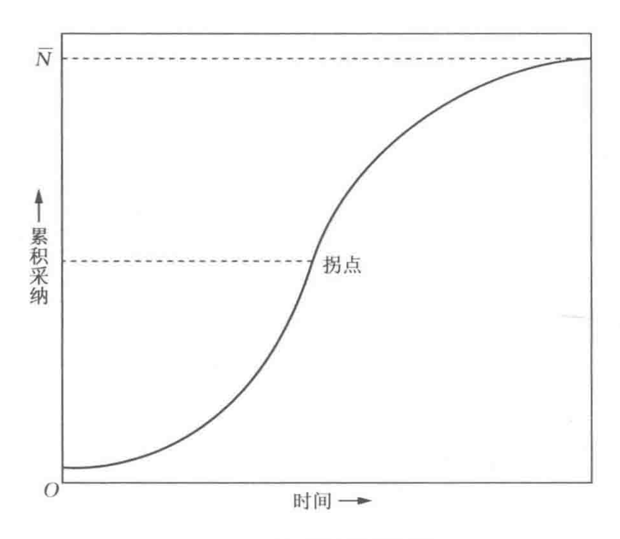


图 2.2　内部影响扩散模型

常数 b 被定义为模仿或内部影响的指数，因为它反映了先行采纳者 $N(t)$ 与潜在采纳者 $(\overline{N}-N(t))$ 的交互作用。但是，相比于 a，b 能够被概念化为表示如下渠道的作用：水平传播渠道、分散传播渠道，或者非结构、非正式传播渠道。

或许最广为引用的使用内部影响模型的研究来自 Mansfield(1961) 和 Griliches(1957)。Mansfield 研究许多

工业创新的扩散，比如堆积机、柴油机车以及连续采矿机在公司间的扩散；Griliches 研究杂交玉米种子在 31 个州和 132 个作物报告区(crop-reporting area)的农民之间的扩散。其他被频繁引用的还有 Gray(1973)的研究，他研究 12 项公共政策创新在 48 个邻近州之间的扩散。[9] 当一项创新复杂且社会可见，不采纳将使社会系统成员置于"劣势"(比如，商业上的竞争劣势)，社会系统相对较小且同质，以及需要先行采纳的经验或合法性的时候，内部影响模型最合适。

内部影响扩散模型与著名的 Gompertz 函数直接相关(参见图 2.3)，Gompertz 函数广泛被用于技术预测(如 Martino，1983：ch.4)。使用本章节的术语，Gompertz 函

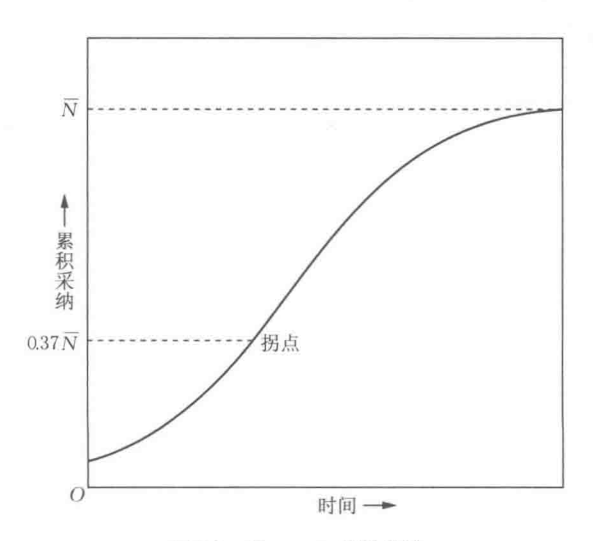


图 2.3 Gompertz 扩散曲线

数可以表示为：

$$\frac{dN(t)}{dt}=bN(t)[\ln \overline{N}-\ln N(t)]$$

假定 $N(t=t_0)=N_0$，Gompertz 函数的累积采纳者分布可以通过积分获得：

$$N(t)=\overline{N}\exp\left[-\left(\ln \frac{\overline{N}}{N_0}\right)\exp[-b(t-t_0)]\right]$$

或者

$$\ln\left[\frac{\ln \overline{N}-\ln N(t)}{\ln \overline{N}-\ln N_0}\right]=-b(t-t_0)$$

阐明 Gompertz 函数应用于扩散环境的还有 Hendry (1972)的研究，他对英国几项耐用消费品的销售增长进行了建模；以及 Dixon(1980)的研究，他用于分析 Griliches 的杂交玉米种子数据。[10]

第 3 节 | 混合影响模型

混合影响模型

$$\frac{dN(t)}{dt}=(a+bN(t))[\overline{N}-N(t)]$$

通过同时纳入代表外部影响和内部影响的系数，囊括了前面的两个模型。这样，它是三个基础扩散模型版本中最广为使用的、最普遍的，因为它能够适合其他两个模型的假设。（当研究一个扩散过程时，外部影响扩散模型或内部影响扩散模型的假设很少能够单独成立。）对混合影响模型积分得到如下的累积采纳者分布：

$$N(t)=\frac{\overline{N}-\frac{a(\overline{N}-N_0)}{(a+bN_0)}\exp[-(a+b\overline{N})(t-t_0)]}{1+\frac{b(\overline{N}-N_0)}{(a+bN_0)}\exp[-(a+b\overline{N})(t-t_0)]}$$

这里，$N(t=t_0)=N_0$。

画出累积采纳者分布得到一条普通 logistic 曲线，其形状同时由 a 和 b 决定。大多数混合影响模型的应用在预测耐用消费品长期销量的研究中被提到。最初在这种情况下使用混

合影响模型是 Bass(1969),他成功地用其预测了诸如电视机、洗碗机以及干衣机的销量。Mahajan 和 Muller(1979)曾对使用混合影响模型预测销量提供过评述和看法。

混合影响模型也被改进而且用于研究位置的作用(Webber, 1972: ch.9)、用于模拟某些内部和外部影响对扩散模式的作用(Lakvall & Wahbin, 1973)、用于预测一项新太阳能技术的市场潜力(Warren, 1980),还用于研究教学创新的扩张(Lawton & Lawton, 1979)。比如,当研究六项教学创新扩散时,Lawton 和 Lawton(1979)展示了如下的扩散模型:

$$\frac{dN(t)}{dt} = p^* \frac{N_0 + N(t)}{\overline{N} + N_0}[\overline{N} - N(t)]$$

这里 P^* =扩散率参数,以及

N_0 =最初采纳者的“有效”数量(N_0 定义为该模型中 $t=1$ 时候 $N(t)$的值)。

在这个模型中,外部影响系数 a,等于 $p^* N_0/\overline{N}+N_0$;而内部影响系数 b,等于 $p^*/\overline{N}+N_0$。结果,$a/b= N_0$(一个常数)。因此,通过明晰外部影响和内部影响系数之间的关系,Lawton 和 Lawton(1979)通过一个简单速率参数(P^*)的形式表现了扩散模式间的区别。在随后 Lwarence 和 Lawton(1981)的文章中,他们提出扩散模式可以先验地生成:工业产品创新的 $P^* = 0.66$ 而消费产品创新的 $P^* = 0.50$。

第4节 | 关于参数估计

任何扩散模型的应用涉及估计其参数。在缺乏历史的或者时间序列的数据时，参数可以通过某些创新模拟(Lawrence & Lawton, 1981)或者专家判断(Souder & Quaddus, 1982)的方法来估计。假如存在历史的或者时间序列数据，参数可以通过标准方法来估计，但是经常通过非线性估计方法，源于 Draper 和 Smith(1981: ch.10)或者 Oliver(1964;同样参见 Srinivasan & Mason, 1984)，或者通过最大似然估计方法(如 Olson, 1982; Schmittlein & Mahajan, 1982)。正在扩散过程的仅有少数相关数据点，最初参数值可以更新或修改为新数据集而能够使用自适应估计方法(Brestschneider & Mahajan, 1980)或者贝叶斯估计方法(Lilien, et al., 1981)。

尽管这些方法的案例将随后呈现，为了完成对基础扩散模型的讨论，接下来将会简要介绍由 Bass(1969)建议的一种简单获得模型参数的方法。作为教学案例，只考虑了混合影响模型。

因为混合影响模型本质上是一个 3 参数模型(a, b, $\overline{N}$),参数估计至少需要在三个时间段的采纳人数所组成的时间序列数据。[11]参数估计从重写混合影响模型开始

$$\frac{dN(t)}{dt}=(a+bN(t))[\overline{N}-N(t)]$$

其离散形式为:

$$\begin{aligned}N(t+1)-N(t)&=a\overline{N}+(b\overline{N}-a)N(t)-bN^2(t)\\&=A_1+A_2N(t)+A_3N^2(t)+e(t)\end{aligned}$$

A 项能够通过普通最小二乘回归分析估计出数值,而 a, b, $\overline{N}$ 可以通过如下步骤得到:

$$A_1=a\overline{N} \text{ 或者 } a=A_1/\overline{N}$$

$$A_3=-b \text{ 或者 } b=-A_3$$

且

$$\overline{N}=\frac{-A_2\pm\sqrt{A_2^2-4A_1A_3}}{2A_3}$$

第 5 节 | 评论

在使用或分析基础扩散模型的结果之前，必须认识到其所暗含的那些假定。就绝大部分而言，它们都是些简单的假定，以方便解析模型。一个假定是扩散过程是二分的(Sharif & Ramanathan，1981)。社会系统中的成员要么采纳这项创新要么不采纳。因此，采纳被视为离散的而非连续的事件。这个假定的结果是，基础扩散模型没有考虑采纳过程的不同层次(比如察觉、了解等)。[12]

第二，基础扩散模型建立在如下假定的基础上：社会系统中的潜在采纳者数量存在明确的且恒定的上限 $\overline{N}$，该上限不仅能够知道且能够被测量。简单说来，社会系统的规模被认为是有限的且固定的。结果，基础扩散模型是不变的，社会系统的规模在扩散过程中不能够增加(成长)或者减小(Mahajan & Peterson，1978；Sharif & Ramanthan，1981)。

第三，基础扩散模型仅仅允许一个采纳单元的一次采纳。一个单一采纳单元的多次采纳是不允许的(比如，重复采购一件商品)。同时存在的假定是一项采纳不能够撤

回。模型中没有包含采纳某项创新后又中断的规定。

第四，在内部影响模型和混合影响模型中，$N(t)[\overline{N}-N(t)]$ 项暗指存在全混合（complete mixing）的社会系统成员。换言之，它假定在创新的先行采纳者和潜在采纳者两者间存在完全的、配对的交互作用。此外，因为

$$N(t)=\sum_{j=1}^{t}(N(j)-N(j-1))=\sum_{j=1}^{t}n(j)$$

或者

$$N(t)[\overline{N}-N(t)]=(n(1)+n(2)+\cdots+n(t))[\overline{N}-N(t)]$$

它暗含假定先行采纳者和潜在采纳者之间的交互作用（由内部影响系数 b 表示）是同样的，而忽略采纳的时间和交互的时间。因此内部影响的表达式 $n(1)[\overline{N}-N(t)]$ 与 $n(t)[\overline{N}-N(t)]$ 是相等的。简言之，内部影响系数被假定为时间独立——在各时点固定或者恒定。一个相关的假定是外部影响参数 a 同样不会随着扩散过程的不同阶段变化，也是固定或者恒定的。

第五，一个暗含假定是创新本身不会随着扩散过程而变化。例如，这意味着对一项新技术而言，在扩散过程中并不会发生改变。此外，该创新被假定为独立于其他创新。因此，该创新采纳不补充、替代、削弱或加强其他任何创新的采纳（反之亦然）。

第六，暗含假定社会系统的地理界线不会随着扩散过

程而变化;创新局限于一个地理区域。换言之,基础模型没有考虑一项创新的空间扩散。

最后,当应用基础扩散模型时,一个全局假定是所有与扩散过程有关的信息都已经被模型"控制"的。因此,比如预测一个商品销量时,它就假定诸如市场策略、竞争者活动以及之类的所有有关信息都体现在模型中,通常通过$N(t)$体现。一般说来,应用基础扩散模型要求的一般化预测假定是:过去能够被用于预测未来。

第 6 节 | 案例

考虑到这些假定，存在非常少的“理想”状态，使得基础扩散模型能够毫无限制地应用。尽管如此，但实际上经常应用并没有不良后果。一个例子是 Mahajan 等人(1977)对公共政策创新在美国大陆扩散的研究。他们研究了许多公共政策创新的扩散模式(采纳的数量和时间)，这里只阐述三个——会计许可制度、社区事务程序和汽油税。在他们的应用中，如下假定看起来是合理的：扩散过程是二分的，潜在采纳者数量为常数(48)，每单位一个采纳(且不会中断)，固定的地理边界以及社会系统成员完全混合。表 2.1 包括了他们基于混合影响扩散模型所做出的部分研究结果，包括参数 a 和 b。非常有趣的是，模型预测相比于数据分析的最后时点(1970)所存在的采纳者，将出现更多的社区事务程序的采纳者。在原始参考文献中有对于这些分析的细节性讨论。

因为上述的基础扩散模型的假定和特性，出现了对该模型的简化和拓展。接下来各章将呈现最有用的那些。

表 2.1　应用混合影响扩散模型研究州之间公共政策采纳的结果描述

公共政策	时间段（年份）	采纳者数量	回归常数项			扩散模型参数		
			A_1	A_2	A_3	a	b	$\overline{N}$
会计许可制度	1986—1951	48	0.160 1	1.267 8	−0.005 8	0.003 4	0.005 8	48
社区事务程序	1959—1970	36	0.088 6	1.606 5	−0.014 7	0.002 2	0.014 7	41
汽油税	1919—1929	48	3.431 6	1.575 7	−0.141	0.073 0	0.141	48

资料来源：Mahajan et al.，1977.



第3章

可变扩散模型

尽管基础扩散模型在很多情况下有了广泛的应用，它作为一种预测技术的功用却面临着更多的质疑。比如，Bernhardt 和 Mackenzie(1972:187)指出某些应用基础扩散模型所作的预测运行不错，尽管在其他的预测中结果不尽如人意，提出许多基础扩散模型应用成功是因为“明智地选择情境、总体、创新和时间框架去评估数据”。Heeler 和 Hustad(1980)报告了 Bass(1969)所建议的混合影响扩散模型应用的不够好的案例。同样的结果也出现在 Sharif 和 Islam(1980)与 Schmittein 和 Mahajan(1982)的研究中。

本章使用两个数学特性——拐点和对称，重新检验基础扩散模型的基本结构。从实践和理论上而言，一项创新的最大扩散率(“拐点”)应该能够在扩散过程的任何时间点发生。另外，扩散模式能够被期望为非对称的或对称的。然而，内部影响模型和混合影响模型从这两项特性而言，仅提供了极少的可变性(外部影响模型没有拐点)。结

果，它们适应许多扩散模式的能力受限了。这可能部分解释了为何这些模型在某些应用时“运作”很好，而在其他应用则不佳。为了弥补这些不足，下文将展现多个扩散模型，允许在模型化扩散模式时候有更多可变性。[13]

第1节 | 重新检验

扩散曲线的拐点出现在最大扩散率发生处。如果在拐点之后的扩散模式是拐点之前扩散模式的映射图像，那么扩散曲线具有对称的特性。

讨论方程3中的(logistic)内部影响模型。如果 $F(t)=N(t)/\overline{N}$，即在时间 t 潜在采纳者采纳创新的比例，那么方程3可以被重新写成(方便起见忽略下标 t)：

$$\frac{dF}{dt}=bF(1-F) \qquad [5]$$

对方程5求积分得到

$$\ln\frac{F}{1-F}=c+bt$$

这里 c 是一个常数，等于 $\ln\frac{F_0}{1-F_0}-bt_0$，在 $F(t=t_0)=F_0$ 时。

内部影响模型的拐点可以通过对方程5求微分而得出并用 F 表示，将其等于0并解出 F^*，这样得出

$$\frac{d}{dF}[bF(1-F)]=0 \text{ 或 } b(1-2F)=0 \text{ 或 } F^*=0.5$$

因此，对(logistic)内部影响模型而言，最大扩散率是一个常数，出现在正好 50%的潜在采纳者采纳该产品的时候。

除了具有一个固定的拐点，logistic 内部影响扩散曲线还是对称的，因为 $dF/dt=b(1/4-K^2)$ 当 $F=F^*+K$ 和 $F=F^*-K$，这里 K 是一个恒定系数。图 3.1 画图描述了这点。

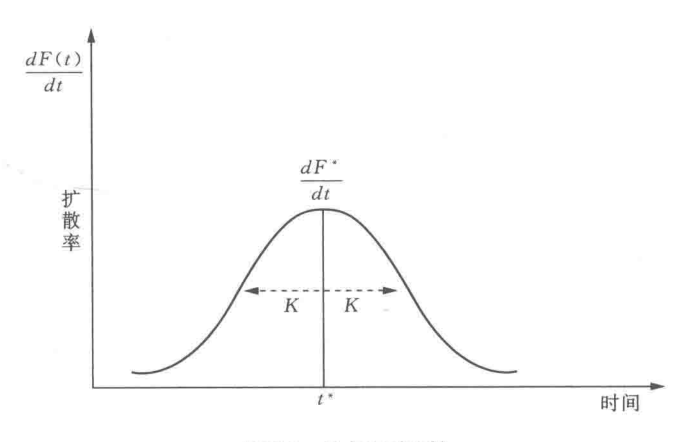


图 3.1　拐点和对称性

类似地，内部影响扩散模型的 Gompertz 形式也同样具有一个固定的拐点(比如 $F^*=0.37$)。然而，不同于 logistic 内部影响扩散模型，该扩散曲线是非对称的。另一方面，混合影响扩散模型生成一根对称扩散曲线，当 50%或者更少的潜在采纳者采纳该项创新时肯定存在一个拐点。

第 2 节 | 可变模型

因为基础扩散模型缺乏可变性，有些尝试着去开发更可变的扩散模型。这其中有六个模型，为了教学需要称之为：Floyd 模型、Sharif-Kabir 模型、Jeuland 模型、NSRL 模型、NUI 模型和 Von Bertalaffy 模型，接下来均做简要介绍。这些模型均在表 3.1 中简要呈现了拐点和对称的数学特性。为了比较方便，基础扩散模型的三种版本也包括在这个表格中。[14]

Floyd 模型

Floyd(1968)指出如下的可变扩散模型力图经验上"拟合"某些扩散模式：

$$\ln \frac{F}{1-F}+\frac{1}{1-F}=c+bt \qquad [6]$$

这里 c 是一个常数。假如

当 $t=t_0$ 时，$F=F_0$，那么 $c=\ln \frac{F_0}{1-F_0}+\frac{1}{1-F_0}-bt_0$

表 3.1 部分扩散模型特性

模　　型	模型方程 ($dF/dt =$)	拐点位置 (F^*)	对称性
1. logistic 内部影响	$bF(1-F)$	0.5	S
2. Gompertz 内部影响(如 Dixon，1980)	$bF\ln\left(\frac{1}{F}\right)$	0.37	NS
3. 混合影响(如 Bass，1969)	$(a+bF)(1-F)$	0.0—0.5	S
4. Floyd(1962)	$bF(1-F)^2$	0.33	NS
5. Shrif-Kabir(1)(1976)	$\frac{bF(1-F)^2}{1-F(1-\sigma)}$	0.33—0.5	S或NS
6. Jeuland(2)(1980)	$(a+bF)(1-F)^{(1+\gamma)}$	0.0—0.5	S或NS
7. 非一致影响(NUI)(Easingwood et al.，1983)	$(a+bF^{\delta})(1-F)$	0.0—1.0	S或NS
8. 非对称响应 logistic(NSRL)(Easingwood et al.，1981)	$bF^{\delta}(1-F)$	0.0—1.0	S或NS
9. Von Bertalanffy(3)(1957)	$\frac{b}{1-\theta}F^{\theta}(1-F^{(1-\theta)})$	0.0—1.0	S或NS

注：S＝对称；NS＝非对称。
(1) $0 \leqslant \sigma \leqslant 1$；(2) $0 \leqslant \gamma$；(3) $0 \leqslant \theta$。
资料来源：改写自 Easingwood et al.(1983)

对方程 6 求微分显示 Floyd 模型假定速率方程

$$\frac{dF}{dt}=bF(1-F)^2$$

如表 3.1 所述,Floyd 模型是非对称的,且在 $F^*=0.33$ 时具有固定的拐点。因此,在这点上,Floyd 模型和内部影响扩散模型的 Gompertz 形式类似。

Sharif-Kabir 模型

Sharif 和 Kabir(1976)主张通过联合内部影响 logistic 模型和 Floyd 模型,可以在两个模型的界限内得到一根平滑的 S 形曲线。确切地,他们提出模型:

$$(1-\sigma)\left(\ln\frac{F}{1-F}\right)+\sigma\left(\ln\frac{F}{1-F}+\frac{1}{1-F}\right)=c+bt \qquad [7]$$

或者

$$\ln\frac{F}{1-F}+\sigma\frac{1}{1-F}=c+bt$$

这里,σ 是一个常数,且 $0\leqslant\sigma\leqslant1$。如果 $\sigma=0$,方程 7 简化为 logistic 内部影响模型;若 $\sigma=1$,它变为 Floyd 模型。方程 7 的微分显示 Sharif-Kabir 模型暗含如下速率方程:

$$\frac{dF}{dt}=\frac{bF(1-F)^2}{1-F(1-\sigma)} \qquad [8]$$

尽管 Sharif-Kabir 模型能够适应对称以及非对称的扩散模式，它要求拐点必须在 $0.33 \leqslant F \leqslant 0.5$ 的范围内。

Jeuland 模型

在分析了 Bass(1969)混合影响扩散模型后，Jeuland(1981)发现它隐含地假定潜在采纳者有相同的采纳的倾向。[15]随后，他构建了一个一般化的 Bass 模型，建立在如下假定基础上：

(1) 扩散过程中的外部影响与潜在采纳者采纳创新的倾向有关；

(2) 考虑到采纳的倾向后潜在采纳者的人群是异质性的；且

(3) 采纳的倾向服从 Gamma 分布。

这些假定使得扩散模型

$$\frac{dF}{dt}=(a+bF)(1-F)^{(1+\gamma)} \qquad [9]$$

当 $\gamma=0$，Jeuland 模型简化为 Bass 混合影响模型。当 $a=0$ 且 $\gamma=1$，它简化为 Floyd 模型。如表 3.1 所示，尽管 Jeuland 模型能够同时应用于对称的或非对称的扩散模式，在超过 50%的采纳水平时它不能得到拐点。

NSRL 和 NUI 模型

Easingwood 等人(1981, 1983)提出基础扩散模型的两个可变版本:非对称响应 logistic 模型(Nonsymmetric Responding Logistic, NSRL)——可变的内部影响模型;以及非均匀影响模型(Non-Uniform Influence, NUI)——可变的混合影响模型。这两个模型的目的是解决基础扩散模型固有的不足——假定在整个扩散过程中,采纳者和潜在采纳者的内在影响的效果保持不变(比如,内部影响系数 b 是一个不随时间变化的常数)。对多数创新而言,这个假定是有问题的,因为当扩散过程展开时,内部影响的效果是常常变化的,不管是增加还是减少。Easingwood 等人用一个采纳水平的函数代表内部影响的作用,该函数有如下关系:

$$w(t) = bF^{\alpha}$$

这里 α 是一个常数,且 $w(t)$ 代表内部影响随时间变化的作用。所以可变混合影响模型(NUI)为:

$$\frac{dF}{dt} = (a + bF^{\delta})(1 - F) \qquad [10]$$

这里 $\delta = (1 + \alpha)$ 且作为不均匀影响因素。当 $\delta = 1$(或 $\alpha = 0$) 时,模型假定是一个常数或者一致的内部影响。扩

散过程中存在不均匀影响作用意味着 $\delta \neq 1$。当 $a=0$ 时，NUI 模型简化为 NSRL——可变内部影响扩散模型。

如表 3.1 所示，NUI 模型和 NSRL 模型能够同时适合对称和非对称扩散模式。另外，拐点可以出现在扩散过程的任何时间点。

需要顺带提醒的是，迄今为止讨论的其他可变扩散模型均暗含假定：内部影响的作用由如下式子表示：

Floyd：　$w(t)=b(1-F)$

Sharif-Kabir：　$w(t)=\dfrac{b(1-F)}{(1-F(1-\sigma))}$

Jeuland：　$w(t)=b(1-F)^{\gamma}$

然而，所有这些模型中，内部影响的作用仅能随着时间减弱。对 Sharif-Kabir 模型，将 $w(t)$对 F 求导：

$$\frac{dw(t)}{dF}=\frac{-b\sigma}{(1-F(1-\sigma))^2}$$

因为 b 是正数且 $0\leqslant\sigma\leqslant1$，$(dw(t))/dF$ 是负数，因此 $w(t)$必定随着时间而减弱。这在 Jeuland 模型也同样成立。因为

$$\frac{dw(t)}{dF}=-b\gamma(1-F)^{\gamma-1}$$

所以，内部影响的作用必定随时间而减弱。另外，当 F 不变时，所有三个模型的内部影响作用为 0。不过对 NUI

模型或者 NSRL 模型，虽然

$$\frac{dw(t)}{dF}=b(\delta-1)F(t)^{\delta-2}$$

当 $0\leqslant\delta\leqslant1$ 时小于 0，当 $\delta=1$ 时为 0；当 $\delta>1$ 时大于 0。因为 $dF/dt\geqslant0$，内部影响作用能够随时间增强（当 $\delta>1$ 时）、恒定（$\delta=1$）或者减弱（$0<\delta<1$）；其值在完全采纳饱和状态为 b。因此，随时间变化的内部影响作用的特性由一组 $b\overset{b-1}{F}$ 曲线所描述。此外，δ 的值在 0 和 1 之间，会导致影响的加速，在采纳水平上带来一个更早且更高的峰值（比如 dF^{*}/dt）。δ 的值大于 1 反映更小的内部影响且导致一个更迟的和更矮的峰值。不过，尽管有这些优点，NUI 模型和 NSRL 模型难以对 F 有简单明晰的解。

Von Bertalaffy 模型

一个相对知之甚少的扩散模型是 Von Bertalanffy（1957）提出且由 Richards（1959）进一步完善的可变模型。因为它用处不大且在创新扩散文献中不知名，所以该模型的数学资料放到附录中。大体上，该模型假设

$$\frac{dF}{dt}=\frac{b}{1-\theta}F^{\theta}(1-F^{(1-\theta)}) \qquad [11]$$

Von Bertalanffy 模型是一个可变模型，这能够通过检验其不同 θ 值下的形式得到证明。如附录所述，当 $\theta=0$ 时，该模型简化为第 2 章中所述的外部影响模型；当 $\theta=2$ 时，其为传统的内部影响模型。尽管模型在 $\theta=1$ 时不成立，但当 θ 值接近 1 时，它得到的是内部影响模型的 Gompertz 形式。进一步说，如表 3.1 所述，Von Bertalanffy 模型能够同时适应对称的和非对称的扩散模式，拐点可以出现在扩散过程中的任何时点。最后，该模型可以非常容易扩展为混合影响扩散模型。

第3节 | 评论

可变扩散模型允许产生一条对称的或者非对称的S形扩散曲线，存在可以反映扩散模式的拐点，而不需要先验地给定。尽管这模型能够通过第2章所讨论的非线性或最大似然方法估算，但它们需要估计一个额外参数。比如，在 a，b 和 $\overline{N}$ 之外，NUI模型要求估计 δ，而Jeuland模型要求估计 γ。同样，在 b 和 $\overline{N}$ 之外，Sharif-Kabir模型、NSRL模型以及Von Bertalanffy模型需要各自估计 σ、δ 或 θ。因此，所有可变扩散模型通过估计额外参数获得其可变性。然而，它们可变特性的结果是能够得到扩散模式的分类，因为这些模型产生的扩散曲线反映了而非“强迫”使用扩散数据的形状。

尽管为纳入扩散模式增加了可变性，但是可变模型同样具有基础扩散模型的特性，存在七个同样的假定。下一章所展现的模型即考虑了这些假定。

第4章

扩展与改善

在第2章,使用基础扩散模型时有许多假定。尽管这些假定对于分析模型结果是必要的,它们也限制了它们在理论上和经验上的应用。简言之,这些假定是:(1)扩散过程是二分的;(2)潜在采纳者的数量具有固定的上限;(3)一个采纳单位仅有一次采纳;(4)通过模型参数恒定可以在扩散过程中存在一个先行采纳者和潜在采纳者之间完全的混合,(5)该创新独立于所有其他创新;(6)社会系统的地理边界不会随着扩散过程而变化;(7)所有扩散过程中的相关信息被模型所“控制”。

本章回顾基础扩散模型的拓展和改善。该回顾并非综合性的,相反着重强调那些通过“放松”某些模型假定而克服基础模型内在不足的努力。本章所讨论的包括动态扩散模型、多重创新扩散模型、时空扩散模型、多阶段扩散模型、多重采纳扩散模型以及包含影响或变化作用的扩散模型。这样,本章展现的模型与第3章展现的那些互为补充。

第1节 | 动态扩散模型

简单说，基础扩散模型假定在一个社会系统中，一项创新在首次推行时潜在采纳者上限 $\overline{N}$ 是不变的或者固定的，且在扩散过程中保持不变。所以，如果这项创新是一个产品，这意味着这项商品的市场潜力在推行的最初(t_0)就确定好了，并且在其整个生命历程中均不再变化。显然，这个假定不管在理论上还是实践上都不可靠。从理论角度，不存在一个不变的潜在采纳总体。相反，潜在采纳总体被认为是持续变化的。同样，实践上的共识是，一项创新的潜在采纳者的“集合”是持续增长的。

如果将基础扩散模型应用于动态的扩散过程，那么由于 $\overline{N}$ 的边界起伏波动，会导致不正确的参数估计和/或不正确的预测。为了克服这个缺陷，Mahajan 和 Peterson (1978)提出了动态扩散模型，那里允许 $\overline{N}$ 随着时间变化。特别地，他们界定

$$\overline{N}(t)=f(\underline{S}(t))$$

这里$\underline{S}(t)$是影响 $\overline{N}(t)$的(潜在)相关的外在和内在变

量——可控制的和不可控制的——所组成的因素。因此，如果 $f(\underline{S}(t))$作为 $\overline{N}$ 代入方程 4，那么得出一个动态混合影响模型：

$$\frac{dN(t)}{dt}=(a+bN(t))[f(\underline{S}(t))-N(t)] \qquad [12]$$

方程 12 的解是[16]

$$N(t)=-\frac{a}{b}+\frac{\exp\{a(t-t_0)+b\phi(t)\}}{\left(\frac{b}{a+bN_0}\right)+b\int_{t_0}^{t}\exp\{a(x-t_0)+b\phi(x)\}dx}$$

这里

$$N(t=t_0)=N_0 \text{ 且 } \phi(t)=\int_{t_0}^{t}f(\underline{S}(t))dx \qquad [13]$$

需要重申的是，当 $\overline{N}(t)=f(\underline{S}(t))=\overline{N}$ 时，方程 12 简化为方程 4。相关变量的例子包括社会系统中的社会经济状况、社会系统中总体的增加或者减少、政府行为、影响扩散过程的努力（比如宣传）等等。

图 4.1 描述了当 $\overline{N}$ 随时间上升时一项创新的扩散曲线。下列动态模型的特性均通过图描述：

(1) 潜在采纳者的上限（$\overline{N}$）随着时间增加，且其曲线与扩散曲线（$N(t)$）明显不同，特别是在扩散过程每个阶段的早期。

(2) 潜在采纳者数量的上限和实际累计采纳者数量的差值随着时间下降，最终，这两条曲线相一致（coinside）。[17]

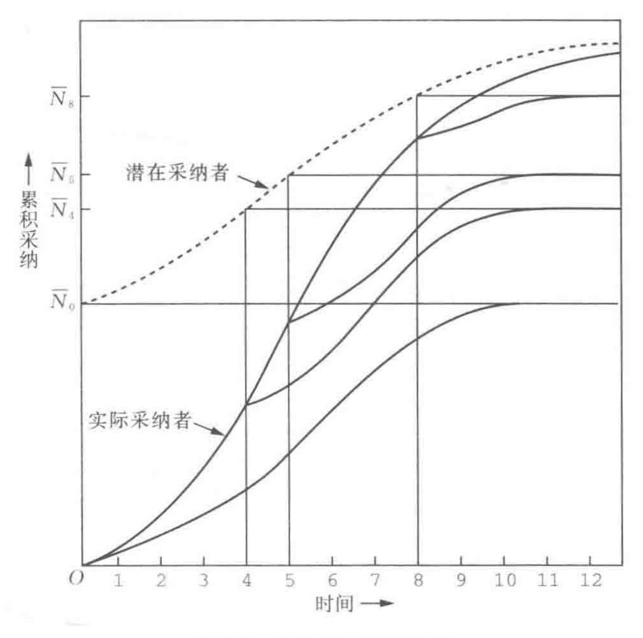


图 4.1 动态创新扩散模式

哪些或者多少变量包含在$\underline{S}(t)$中是许多因素的一个函数，包括概念上的因素和实际上的因素。待研究创新的特性是一个限制因素，在相关数据中是可得的。不需要说的是，动态扩散模型的准确性部分依赖于对$\underline{S}(t)$变量的定义，而这又与$\overline{N}(t)$紧密相关或者影响$\overline{N}(t)$。比如，如果$\overline{N}(t)$被表达为社会系统增长的项，动态模型的准确性受到增长预测准确性的影响。类似地，$f(\underline{S}(t))$的方程形式可能随着模型应用变化。

Mahajan 和 Peterson(1978)应用他们的动态扩散模型研究1945—1974年间的联合国会员资格。因为在段时间

内国家数量几乎是之前的两倍，潜在加入联合国(采纳者)的数量上限被定义为变化的。尽管一些因素(比如地缘政治)可能已经影响采纳(加入)，但只有在研究时期内每年已存在国家数量被定义为 $\overline{N}$。在他们的应用中，首先使用基础扩散模型去模型化 $\overline{N}(t)$，以估计 1945—1974 年间国家的累积数目($P(t)$)。这样，$\overline{N}(t)$与 $P(t)$的关系如下列公式所示：

$$\overline{N}(t)=f(P(t))=K_1+K_2P(t)$$

一般而言，动态扩散模型表现非常好。参数的值不管是符号还是数值均在理论上正确，且模型拟合度也非常令人满意。[18]

其他动态扩散模型已经由 Chow(1967)、Lackman(1978)、Dodson 和 Muller(1978)以及 Sharif 和 Ramanathan(1981)开发出来。[19] Chow 通过使用 Gompertz 内部影响模型检验计算机的自然增长，他指出计算机采纳数量被“技术变化—降价”的作用所影响。他暗含假定如下公式代表该作用：

$$\overline{N}(t)=B_0(P(t))^{-B_1}$$

这里 B_0 和 B_1 是常数，且 $P(t)$是计算机价格。类似地，当研究一项新塑料产品用于汽车产业的增长时，Lackman(1978)使用基于 Gompertz 的动态模型公式：

$$\overline{N}(t)=\overline{N}\left(\frac{ZB(t)}{Sc(t)}\right)^{K}$$

这里 K 是一个常数，$ZB(t)$代表公司利润而 $Sc(t)$代表公司销量。利润—销量变量包括于反映客户当利润率高时快速转向新产品的事实。Donson-Muller 和 Sharif-Ramanathan 模型会在下文以一个不同的背景下进行详细介绍。

第2节 | 多重创新扩散模型

创新并非是在真空中出现的或者隔绝地存在的。其他的创新存在于社会系统中且可能对一项创新的扩散产生影响——有积极的也有消极的。尤其是，Peterson和Mahajan(1978)已经定义了四类创新间相互关系，这些关系能够影响采纳率，也能够影响一项创新的累积采纳数量。创新可能有：

(1) 独立性——从一个实用角度来说，创新是相互独立的，但是一项创新的采纳可能会促进其他创新的采纳(比如模数制住房套间和电力夯土机)。

(2) 互补性——一项创新采纳的增加导致其他创新采纳的增加(比如洗衣机和烘干机)。

(3) 有条件性——一项创新的采纳(比如计算机软件)取决于(常常是在之前)其他创新的采纳情况(比如计算机硬件)。

(4) 可替代性——一项创新采纳的增加导致其他创新采纳的减少(比如黑白电视机对彩色电视机)。

他们扩展了基础混合影响模型去表示所有四类创新间相互关系。比如，他们通过如下方程表示两项创新之间的替代关系：[20]

$$\frac{dN_1(t)}{dt}=(a_1+b_1N_1(t)-c_1N_2(t))[\overline{N}_1-N_1(t)] \quad [14]$$

以及

$$\frac{dN_2(t)}{dt}=(a_2+b_2N_2(t)-c_2N_1(t))[\overline{N}_2-N_2(t)] \quad [15]$$

方程14涉及一项创新，而方程15涉及另外一项。在这两个方程中，c_1 和 c_2 代表假设的两项创新相互间的替代关系。这样，方程14可以被写成：

$$\frac{dN_1(t)}{dt}=a_1[\overline{N}_1-N_1(t)]+b_1N_1(t)[\overline{N}_1-N_1(t)]-c_1N_2(t)[\overline{N}_1-N_1(t)] \quad [16]$$

方程16中的项包含常数项 c_1，代表创新2的采纳者和创新1的采纳者之间的交互作用；它导致创新1的扩散率下降。

多重创新扩散模型能够简单地用于检验创新之间的关系假设。比如，当比较1959—1973年间黑白电视机和彩色电视机的销量增长率时，Peterson 和 Mahajan(1978)发

现尽管一个可替代模型描述不适用于彩色电视机,但它显著提高了对黑白电视机的模型拟合。换言之,可替换是单向性的:彩色电视机销量增长对黑白电视机的销量增长有一个替换作用,但是反过来未必如此。如果是这样的话,黑白电视机销量增长与彩色电视机的销量增长是稍有互补的。

其他研究者已经在"独立竞争"的语境下考虑创新独立性的特质。有观念认为一项创新仅仅由特定的组织提供,或者,如果多于一个组织提供的话,组织创新的提供对组织双方不产生影响。反驳该观念的案例有:Eliashberg 和 Jeuland(1982)、Rao 和 Bass(1984)、Clarke 和 Dolan(1984)、Mate(1982)、Teng 和 Thompson(1983)以及 Fershtman 等(1983)在商业领域的研究。所引的这些研究主要目标貌似是检验竞争公司的价格和广告策略以及它们对"市场均衡"的作用。

第3节 | 时空扩散模型

尽管任何创新扩散均在空间和时间上同时发生，这两个“维度”的研究少有结合。尽管时间维度已经被多数学科的研究者所研究，但大多数空间扩散仅仅出现在地理学者的研究中(Brown, 1981)。大多基于地理的扩散研究花力气对 Monte Carlo 模仿模型扩展和改良，以实现对最初由 Hagerstrand(1967)提出的扩散过程概念化。他将扩散视为一个从少数采纳者到多数采纳者的转变，而这转变实现的方式是通过大众传媒和人际关系实现的信息传播。在他的研究中定义了三个经验规律：S 形曲线、等级效应(扩散被认为从大的中心点进行到小的中心点)以及邻近效应(扩散被认为是波浪形地从一个城市中心开始扩散，首先扩散到周边的地区而不是偏远的地区)。

Mahajan 和 Peterson(1979)的研究曾尝试同时以空间和时间角度来考虑扩散。他们拓展了基础的混合影响扩散模型去结合考虑扩散过程的空间和时间维度。这样做他们建议，在预测的背景下，扩散机构或许不仅仅对估计

一项创新的“合计”采纳感兴趣，还对估计这项创新如何在不同地理区域的扩散感兴趣。这些信息能够使得机构比较不同区域的采纳率和采纳数量，也能够评估该项创新在其他地区推行的可能性和决定合适的创新推行策略。尽管在多个地区估计采纳的方法是对每个地区使用一个独立的扩散模型，但这种方法是低效率的。这要求开发许多扩散模型且忽视“丰富的”地区间交互作用。

在他们的空间和时间拓展中，Mahajan 和 Peterson (1979)利用空间扩散文献里三个经验规律中的两个——S形曲线和邻近效应。他们首先假定每个地区采纳数量的增长可以通过具有特定 a、b 和 $\overline{N}$ 参数的混合影响扩散模型表示。其次，他们假定靠近创新组织地区的那些区域具有相对较大的采纳数量。[21]

图 4.2 展示了一项创新在空间和时间的同时扩散。在本图里，空间扩散被简单化，将其简化为创新仅仅在一个地区推介的简单坐标。

Mahajan 和 Peterson 做了相似的简化，他们假定一项创新最初仅仅在一个地区推介，且在创新区域和剩余区域之间的距离 x 可以测量为一个区域的中心到另一个区域中心的距离。这可得出下面的空间-时间模型公式：

$$N=f(x,t);\ \frac{\partial N}{\partial y}=0 \qquad [17]$$

或者

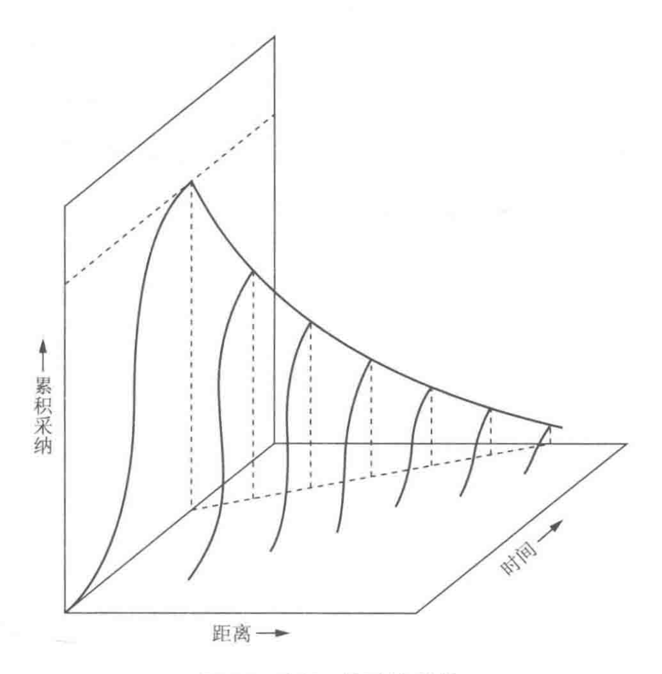


图 4.2 空间-时间创新扩散

$$\frac{\partial N(x,t)}{\partial t}=(a(x)+b(x)N(x,t))[\overline{N}(x)-N(x,t)] \qquad [18]$$

以及

$$N(x,t)=\frac{\overline{N}(x)-\dfrac{a(x)(\overline{N}(x)-N_0(x))}{a(x)+b(x)N_0(x)}\exp(-(a(x)+b(x)\overline{N}(x))(t-t_0))}{1+\dfrac{b(x)(\overline{N}(x)-N_0(x))}{a(x)+b(x)N_0(x)}\exp(-(a(x)+b(x)\overline{N}(x))(t-t_0))} \qquad [19]$$

为阐明他们的模型，Mahajan 和 Peterson 重新分析了

美国1920—1964年间主要农业产区的25个州采用拖拉机的记录数据(Casetti & Semple, 1969)。他们建模时假定$N(x)=(K_1-K_2X^2/2)$，这里K_1和K_2为常数。该模型对数据拟合很好,所有的参数值均统计显著。[22]

第4节 多阶段扩散模型

第2章和第3章所展示的扩散模型本质上都是两阶段模型或者二分模型。即，它们将社会系统中的成员分为潜在采纳者和现行采纳者两类。然而如Rogers（1983：165）所表述的，实际上采纳单位在决定采纳的过程中可能经历一系列的阶段。有些研究人员尝试拓展两阶段模型去适应扩散过程的多阶段的（或多项的）特性，包括Midgley（1976）、Dodson和Muller（1978）、Sharif和Ramanathan（1982）以及Mahajan、Muller和Kerin（1984）所建议的那些模型。

例如，图4.3展示了Dodson和Muller（1978）提出的三阶段模型。该模型假设，因为广告和口碑影响，不了解的社会系统成员先成为潜在采纳者（顾客）并且随后成为现行采纳者（顾客）。在存在竞争创新（比如品牌）的情况下，现存采纳者可能再次采纳（重复购买）同样的创新或者采纳竞争创新而回到潜在采纳状态。最后，因为遗忘，现行采纳者和潜在采纳者可能成为不了解群体的一员。

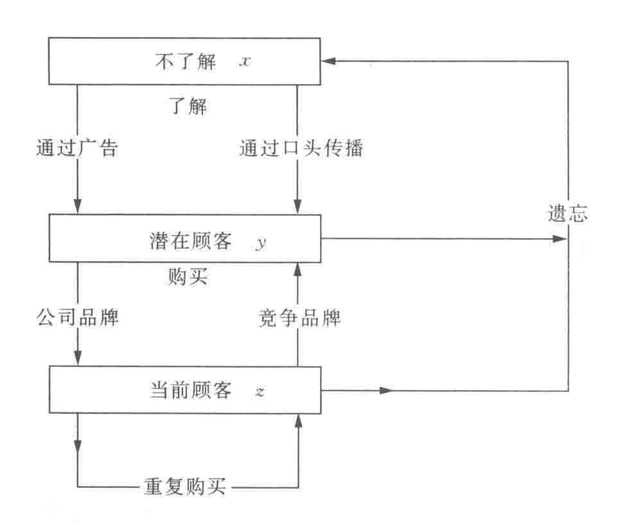


图 4.3 多阶段创新扩散过程模型的流程图(Dodson & Muller, 1978)

为了将这个讨论数学化,假定图 4.3 不存在重复购买和遗忘(这些特征将在下面的多重采纳模型主题下考虑)。令 $x(t)$ = 在时间 t 社会系统中未注意到该创新的成员数,$y(t)$ = 在时间 t 社会系统中注意到该创新但是未采纳的成员数,以及 $z(t)$ = 已经采纳该项创新的现行采纳者数量。如果社会系统中成员总数 M 被假定为不随便时间变化,那么在任何时间 t

$$x(t)+y(t)+z(t)=M$$

或者

$$\frac{dx(t)}{dt}+\frac{dy(t)}{dt}+\frac{dz(t)}{dt}=0$$

或者

$$\frac{dx(t)}{dt}=-\frac{dy(t)}{dt}-\frac{dz(t)}{dt} \qquad [20]$$

所以，Dodson-Muller 模型要求区分仅仅两个速率方程以描述扩散过程中社会系统成员的流向。具体而言，是根据图 4.3 的三个阶段去追踪流入和流出，模型可以被写为（方便起见忽略下标 t）：

$$\frac{dy}{dt}=\beta x(y+z)+\mu x-\gamma y \qquad [21]$$

$$\frac{dz}{dt}=\gamma y \qquad [22]$$

方程 21 的第一项意味着潜在采纳者数量的增加取决于不了解的社会系统成员数量和潜在采纳者和先行采纳者之间的相互作用；第二项，μx，代表数量增加取决于外部影响（比如广告）；第三项，γy，代表潜在采纳者数量的减少取决于潜在采纳者向现行采纳者的转变。如方程 20 所示，将方程 21 和方程 22 相加得到不了解的社会系统成员下降的数量。需要注意到，Dodson-Muller 模型使用混合影响方法来表示不了解的社会系统成员流向潜在采纳者，且使用外部影响模型来表示潜在采纳者转变为现行采纳者。为了演示第 2 章和第 3 章中二分模型与 Dodson 和 Muller 所提出的多阶段模型的关系，将 $x=M-\overline{N}(t)$，$y=\overline{N}(t)-N(t)$，且 $z=N(t)$。那么，方程 21 和方程 22 可以被写为：

$$\frac{d}{dt}(\overline{N}(t)-N(t))=\beta\overline{N}(t)(M-\overline{N}(t))+\mu(M-\overline{N}(t))$$
$$-\gamma(\overline{N}(t)-N(t)) \qquad [21a]$$

$$\frac{dN(t)}{dt}=\gamma(\overline{N}(t)-N(t)) \qquad [22a]$$

或者

$$\frac{d\overline{N}(t)}{dt}=\beta\overline{N}(t)(M-\overline{N}(t))+\mu(M-\overline{N}(t))$$
$$[21b]$$

$$\frac{dN(t)}{dt}=\gamma(\overline{N}(t)-N(t)) \qquad [22b]$$

因此,通过假定一个三阶段过程,Dodson-Muller 模型指定了外部影响扩散模型的上限 $\overline{N}$,即方程 22b,根据混合影响模型随着时间变化,即方程 21b。

Dodson 和 Muller 的多阶段扩散模型以及第 2 章和第 3 章中展示的基本模型均暗含假定:个体关于创新的体验是通过积极的口头交流方式获得的。这一假定是乏力的,因为关于创新体验交流者可能会传递给他人喜欢、不喜欢或者没有差别的信息。由 Midgley(1976)、Sharif 和 Ramanathan(1982)以及 Mahajan 等人(1984)提出的那些多阶段模型试图在他们的公式中放松这个假定。例如,图 4.4 展示了 Mahajan 等人(1984)提出的多阶段模型。作为对 Dodson-Muller 模型的拓展,该模型将潜在采纳者(顾客)和

现行采纳者(尝试者)分成两组,每组的划分基于交流信息的性质是积极的还是消极的。[23] Mahajan 等人应用他们的模型预测达拉斯城(德克萨斯地区)电影“甘地”的观影人数。

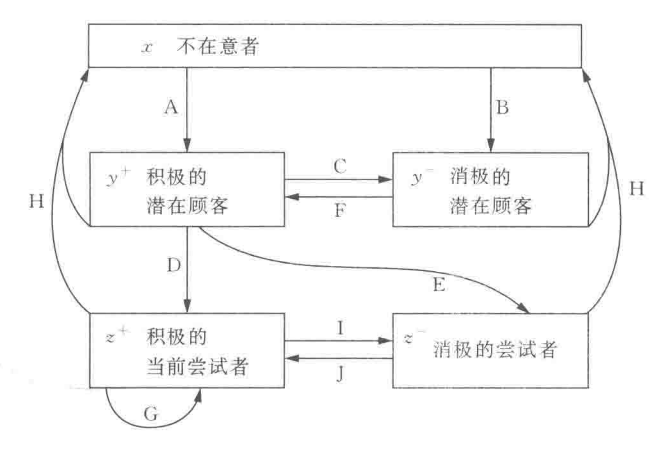


图 4.4 同时考虑到积极信息和消极信息时创新产品的顾客流程图(Mahajan et al., 1984)

第5节 | 多重采纳扩散模型

如第1章所定义的，扩散模型的目的是表示一项创新在给定一群可能采纳者中的采纳程度和速度。也即，模型的目的是描述采纳者数量的持续增加。然而，在一个产品—创新(product-innovation)背景下，采纳者数量持续增加可能包括第一次购买者也包括一项创新的重复购买者。因为绝大多数市场上的产品—创新是可以重复购买的，这些创新的卖家热衷于预测采纳者数量的持续增长时，归因于重复购买者的数量甚至多于第一次购买者的数量。可以肯定的是，考虑到重复购买者在初始(最初采纳)阶段的满意体验，他们往往倾向于成为一项产品—创新的重要用户。因此，一项成功创新的产品常常带来连续不断的重复购买。简言之，对没有重复购买可能的产品—创新(比如许多耐用消费品)，扩散模型的目的是描述第一次购买扩散曲线。然而，对于可能重复购买的产品(比如包装商品)，目的则是模型化重复购买扩散曲线。

许多重复购买模型已经开发出来预测产品—创新的

销量(这些模型最近的一个综述可以参考 Wind et al., 1981)。大多数这类模型使用从预先试验或实验市场阶段收集的消费品购买和/或调查数据来得到第一次购买和重复购买的销量预测。进一步而言,如 Mahajan 和 Muller (1982)在他们对这类模型的综述中所指出的,大多数此类模型没有在他们的公式中包括口头交流的作用。

Lilien 等人(1981)和 Mahajan 等人(1983)分别提出两个扩散模型,在他们的公式中明确地考虑到口头交流的作用,以及使用早期扩散数据预测重复购买。除这两个模型之外,为了比较需要,在此还讨论有 Dodson 和 Muller (1978)所提出的重复购买模型(见图 4.3)。然而,标准的后者模型需要从消费者反馈研究小组处获得购买数据。

Lilien 等人(1981)和 Mahajan 等人(1983)提出的模型被开发于预测处方药的销量。总体而言,应用第 2 章和第 3 章的记法,他们可以被总结如下(细节请参看原始参考文献):

$$N(t+1)=a(t)(\overline{N}-N(t))+b(N(t)-N(t-1))(\overline{N}-N(t))+c(t)N(t) \qquad [23]$$

$$N(t+1)=a(\overline{N}-N(t))+b\left(\frac{N(t)}{\overline{N}}\right)^{\delta}(\overline{N}-N(t))+cN(t) \qquad [24]$$

方程 23 表示 Lilien 等人(1981)的重复购买模型;方程 24 是 Mahajan 等人(1983)提出的模型。有关这两个模型的评论如下:

(1) Mahajan 等人(1983)的模型是对第 3 章中所讨论的 NUI 模型的直接拓展。假定潜在采纳者的数量是一个常数,方程 24 的第一项代表在时间 $(t+1)$ 取决于外部影响的采纳者数量,第二项表示取决于口头交流的采纳者,而第三项表示从时间 t 到时间 $t+1$ 仍然继续采纳的那些采纳者。于是,常数 c 是一个保留指数或者系数。

(2) Lilien 等人(1981)开发的模型同样包括三项。然而,在他们使用本模型去预测处方药销量时,他们把外部影响系数 a 作为公司促销(比如细节设计)成果的一个函数;而保留系数 c,则作为竞争对手的促销(比如细节设计)成果的一个函数。关于交互作用(第二项),因为 $N(t)$ 能够大于或者小于 $N(t-1)$,他们假定在任何时间 t,潜在采纳者的数量 $(\overline{N}-N(t))$ 能够仅仅被在时间 t 和 $(t-1)$ 之间新增采纳者的数量影响——如方程 24 所假定的与所有采纳者相比 $N(t)$——或者被时间 t 和 $(t-1)$ 之间停止再次购买该件产品的数量所影响,通过 $(N(t)-N(t-1))$ 反映。

图 4.3 中,完整的 Dodson-Muller 模型也包括重复购买和遗忘。因为他们假定社会系统是一个不变的总体,如之前所指明的,他们的流程图能够被两个速率方程所表示。实际上,源于 Mahajan 等人(1983),他们的重复购买模型能够写成如下形式:

$$N(t+1)=\gamma(\overline{N}(t)-N(t))+cN(t) \quad [25]$$

$$\overline{N}(t)=\mu(M-\overline{N}(t-1)) + \beta\overline{N}(t-1)(M-\overline{N}(t-1))+K\overline{N}(t+1) \quad [26]$$

这里 $c=1-\phi-\theta$ 且 $K=1-\theta$。参数 ϕ 是一个恒定的遗忘因素，而 θ 是一个恒定的转换因素，反映采纳竞争性产品。该模型也直接拓展了他们的初次购买模型，方程 21 和方程 22。

扩散率方程 25 包括两项。第一项反映受外部影响的采纳者，而第二项反映在时间 t 购买且在时间 $(t+1)$ 仍然购买的采纳者。因为 $cN(t)=N(t)-\phi N(t)-\theta N(t)$，在时间 $(t+1)$ 重复购买者的数量由 $N(t)$减去系统成员中遗忘该产品的数量 $\phi N(t)$，并且减去转向竞争性产品的数量 $\theta N(t)$所得出。在方程 26 中，动态市场潜力 $\overline{N}(t)$包括由于广告（第一项）的新察觉者和由于口头（第二项）的新察觉者，且潜在购买者不会转变到采用竞争性产品，这通过 $K=1-\theta$ 反映。

这三个重复购买扩散模型没有区分重复采纳者重复购买该产品的次数。也即，模型忽略了重复购买的“深度”；他们没有区分第一次重复购买、第二次重复购买，诸如此类。

第6节 具有影响/改变中介的扩散模型

对第2章和第3章中的基础扩散模型主要的批评是他们对于对一项创新感兴趣的中介(agency)没有使用价值,因为他们仅仅将扩散作为时间的函数。使用中介去扩散一项创新的策略没有明确地包含在模型中,因此无法评估不同策略在创新扩散过程中的作用。

因为大多数扩散模型必需包含三个参数(外部影响系数和内部影响系数,以及潜在采纳者总数),所以扩散策略可以通过将参数作为相关变量函数的方式直接包括在这些模型中,比如:

$$a(t)=A(\underline{S}(t))$$

$$b(t)=B(\underline{S}(t))$$

$$\overline{N}(t)=\overline{N}(\underline{S}(t))$$

之前曾提到许多表示上限 $\overline{N}$ 的尝试,将上限作为外生变量以及内生变量的一个函数。重申一下,Dodson 和

Muller(1978)将 N 作为广告的一个函数。Mahajan 和 Peterson(1978)以及 Sharif 和 Ramanathan(1981)将其作为社会系统总体增长估计的一个函数。Chow(1967)将 $\overline{N}$ 作为价格的函数进行估计，而 Lackman(1978)在研究一种新塑料应用于汽车产业的增长过程时，用企业利润和企业销量之间比率的一个函数表示 $\overline{N}$。

其他人(主要是经济学家、技术预测人和市场研究人员)尝试纳入扩散策略，他们已经将外部影响和内部影响的系数作为扩散影响变量的函数表示。得益于 Mansfield (1961)的工作，经济学家和技术预测人已经通过将内部影响系数作为盈利情况和投资的一个函数，研究了技术创新的扩散(或替换)。即

$$b = z - b_1\pi - b_2 I$$

这里 z = 一个常数代表一个给定产业，π = 盈利指数，而 I = 投资指数。对此一般的结论是，创新的利润越多而需要的投资越少，则扩散的速率越快。Randles(1983)关于此方法的一个应用将在第5章呈现。

市场研究人员在研究扩散过程时已经关注到价格的角色、广告、推销以及技术变迁。比如，Robinson 和 Lakhani (1975)指出，因为发现 a 对耐用消费品而言数值更小，b 应该作为市场决策变量的一个函数。他们指出创新者仅仅在最初的市场渗透时是市场的主导者。因此，如果 b 作为

市场决策变量，比如广告、推销和价格等的一个函数，基础扩散模型将能够估计它们在产品—创新扩散方面的作用。

将 b 仅作为价格的一个函数，即

$$b = \bar{b}\exp(-ep)$$

这里 $\bar{b}$ 和 e 是常数，而 p 是单位价格，Robinson 和 Lakhani(1975)使用 Bass 混合影响模型描绘了价格对新产品利润的作用。他们的研究导致 Bass(1980)、Dolan 和 Jeuland(1981)、Jorgenson(1983)以及 Kalish(1983)进一步检验价格政策与扩散率二者之间的关系。

Horsky 和 Simon(1983)所用的方法与 Robinson 和 Lakhani(1975)的不同。首先，Horsky 和 Simon 总结市场活动(如价格变化和产品变更)对于最终采纳者数量 $\bar{N}$ 的影响比对 a 或 b 的影响更大。他们假设由于学习带来的竞争增加且生产成本降低，可以预期一个新产品在其生命周期的早期阶段价格会大幅降低。价格下降将使得该产品处于大多数潜在购买者的购买能力之内，因此增加了最终采纳者数量，$\bar{N}$。关于产品性质的改变，他们相信公司对细分的市场兴趣明显时，会调整它们的产品以适应不同的细分市场。调整的一个结果是，增加了最终采纳者的数量，$\bar{N}$。

其次，为了将广告纳入他们的扩散模型，Horsky 和 Simon(1983)认为正确指定一个扩散模型应该包括广告，将

其作为创新者的一种信息源。换言之，a 而不是 b 应该被表示为广告（花费）的一个函数。在扩散初期广告的增加将促进整个扩散过程，作用方式是告知潜在引进者产品存在的信息，从而将他们变为口头传播的载体。这样的结果是，相对于那些未做广告的产品而言，销量的峰值会更高且出现得更早。结果是，将 b 表示为广告的函数将仅仅产生一个二阶效应。

尽管 Horsky 和 Simon（1983）意识到动态市场潜力，但他们假定 $\overline{N}$ 的值和 b 的值是恒定的，不过还假定

$$a=\bar{a}_1+\bar{a}_2\ln A$$

这里，$\bar{a}_1$ 和 $\bar{a}_2$ 是常数，A 是在时间 t 广告花费水平。

Horsky 和 Simon（1983）使用了五家位于不同大城市的银行引进电话银行系统的案例检验了他们的模型。他们实际应用见第 5 章。

更早时候，Lilien 等人（1981）在他们的重复购买模型中将外部影响系数作为推销的一个函数。更特别的是，他们提出 $a(t)=a_1d(t)+a_2d^2(t)$，这里 $d(t)$ 是推销花费的水平。Lilien 等人已经通过研究产品细节对医生接受处方药的影响论证了他们模型的适用性。

对大多数创新而言，创新不随时间变化的假定是脆弱的。相反，因为新技术的进步、竞争以及采纳者对实际使用体验的回应，一项创新在其生命周期内会不断变化。结

果，口头传播对潜在采纳者的影响可能依赖于其发生于扩散过程的哪个阶段。

比如，考虑到第2章中内部影响模型或混合影响模型中的交互项 $bN(t)(\overline{N}-N(t))$。因为

$$N(t)=\sum_{j=1}^{t}(N(j)-N(j-1))=\sum_{j=1}^{t}n(j)$$

这里 $n(j)$ 是在时间 j 采纳该项创新的采纳者数量。那么

$$bN(t)(\overline{N}-N(t))=b(n(1)+n(2)\cdots+n(t))(\overline{N}-N(t))$$

因此，基础扩散模型假定，在任何时间点 t 口头传播对潜在采纳者数量，$(\overline{N}-N(t))$，不受采纳者采纳该项创新时间的影响。换言之，$n(1)(\overline{N}-N(t))$ 和 $n(t)(\overline{N}-N(t))$ 之间交互项作用的影响被假定是一样的。也即，b 被视为一个常数。尽管第3章所讨论的所有可变创新扩散模型将内部影响的系数视为随时间变化，但他们也没有区分在扩散过程的不同阶段作用的不同。

Kalish 和 Lilien(1983)提出了一种方法，用于纳入技术和系统性的变化随着采纳者间口头传播的影响而变化。他们提出混合影响模型中交互项可以写作：

$$\sum_{j=1}^{t}w_{j}n(j)(\overline{N}-N(j))$$

这里

$$w_j = b \cdot \theta(j) \cdot \frac{1}{(1+r)^{t-j}}$$

这里，$\theta(j)$表示在时间 j 上“可见的创新质量”，而参数 r 反映采纳者在时间 j 对时间 t 的潜在采纳者影响程度。(Kalish 和 Lilien[1983]把 r 叫作遗忘参数。)如果 $r=0$ 且 $\theta(j)$是常数，模型产生一个不变的影响交互项。Kalish 和 Lilien 曾使用他们的模型评估由能源部发起的家庭光伏发电示范项目建设。

第7节 | 评论

本章简要回顾了几个放松第2章所述的基础扩散模型的七个主要假定的尝试。尽管该回顾绝不是全面性的，但对于这些假定的放松，研究仍显匮乏。这里的主旨是阐明那些涉及的议题，和强调解决了这些议题的代表性成就。下一章将展示第2章至第4章的扩散模型的应用说明。

第5章

应用说明

本章的目的是阐明扩散模型的具体应用。这里提供的五个具体应用详述了：对扩散过程建模所使用的数据类型、所使用的模型种类、已经研究过的丰富的现象和创新以及扩散模型所具有的不同目的。

第1节 | CAT扫描仪的扩散

扩散模型的一个经典应用是通过分析历史数据描绘(以及预测)一项创新的扩散。这里所说明的应用是 Easingwood 等人(1981)对两个医疗创新——CAT 头部扫描仪和 CAT 全身扫描仪——所做的分析,他们使用的是第3章所讨论的 NSRL 模型。然而,数据并非来源于普查。使用的数据从全美 206 家医院进行调查收集而来。[24]被调查的医院被要求确定他们自身对每种扫描仪是采纳者还是非采纳者。如果是采纳者,他们被要求提供采纳的日期。该调查显示,到 1978 年为止,206 家医院中有 113 家(54.85%)已经采纳了 CAT 头部扫描仪,有 97 家已经采纳 CAT 全身扫描仪。具体的采纳数据如下所示:

	每年采纳者数量	
年份	CAT 头部扫描仪	CAT 全身扫描仪
1972	1	—
1973	4	1
1974	10	1
1975	34	9
1976	33	30
1977	26	39
1978	5	17
	113	97

这些数据通过非线性回归分析运算以符合 NSRL 模型,使用的计算方法是下面的离散模拟:

$$F(t+1)-F(t)=bF(t)^{\delta}(\overline{F}-F(t))$$

需要注意特别假设 $F \neq 1$。表 5.1 展示了结果概要:

表 5.1 CAT 扫描仪的研究结果概要

创　　新	NSRL 模型参数			均值绝对离差	拐点
	b	$\overline{F}$	δ		
CAT 头部扫描仪	0.964 5	0.56	0.664 4	2.78	0.40
CAT 全身扫描仪	1.399 6	0.47	0.789 9	1.75	0.44

资料来源:Easingwood et al.(1981).

图 5.1 和图 5.2 描述了两种创新的实际值和拟合值。图 5.3 描述了两种创新的内部影响系数随时间变化的值。或许

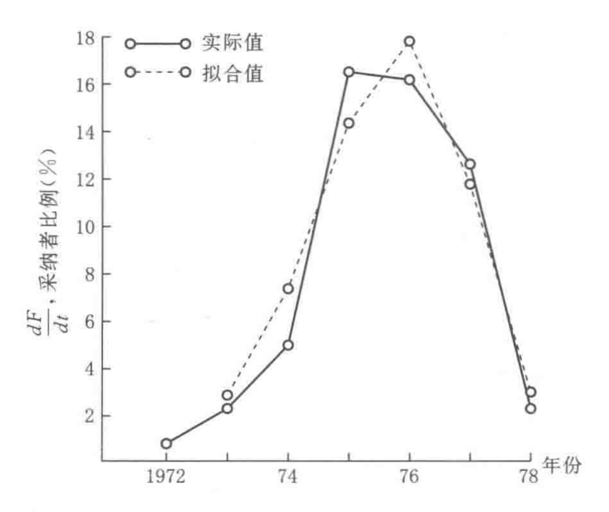


图 5.1 CAT 头部扫描仪的实际的和 NSRL 拟合的扩散曲线

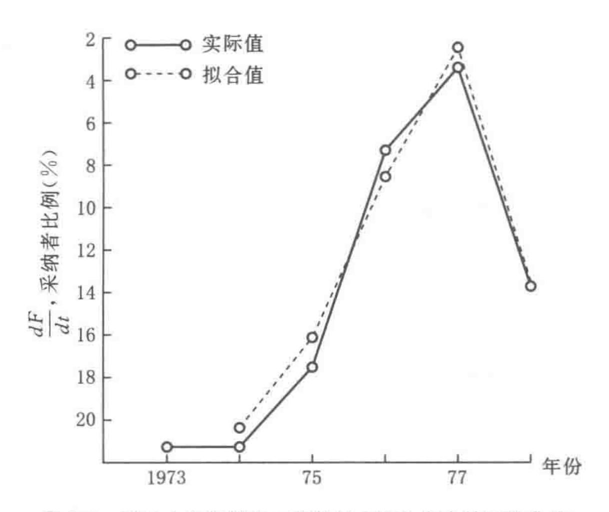


图 5.2　CAT 全身扫描仪实际的和 NSRL 拟合的扩散曲线

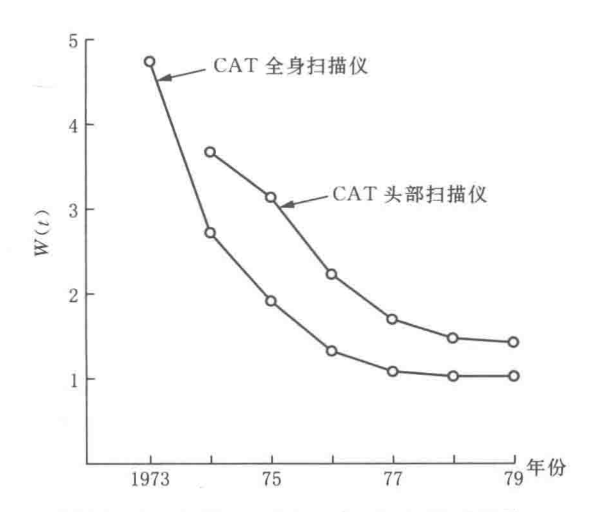


图 5.3　CAT 扫描仪的内部影响系数随时间变化情况

表 5.1 中最有趣的结果是 δ 的值和拐点。对两种创新而言,δ 的值均小于 1 且最大采纳发生于 40%占有率的时候。

与 NSRL 模型的推导一致，结果清晰显示这些创新被这些所调查的医院快速采纳，而内部影响（口头传播）的作用随时间减少。有趣之处在于这些结果支持了 Rogers（1983：237）对 CAT 扫描仪所作的案例分析。他将 CAT 扫描仪作为一个过度采纳的案例或者一个“技术泛滥”的案例。

这一应用代表了可变扩散模型的使用情况，通过历史数据描绘扩散模式。它也可以描绘口头传播作用随时间变化的特性。

第2节 | 长壁采矿技术的扩散

第2章的扩散模型应用要求估计最高限值或上限 $\overline{N}$，以模型化扩散模式。一个估计上限和扩散模式的有趣方法是 Souder 和 Quaddus(1982)所提出的结合历史数据、专家意见和用户价值判断估计。他们首先将方程1表达为：

$$\frac{dF(t)}{dt}=g(t)(\overline{F}-F(t)) \tag{27}$$

这里有

$$g(t)=c_1+c_2t+c_3t^2 \tag{28}$$

以及 $F(t)=N(t)/M$ 且 $\overline{F}=\overline{N}/M$，$M$ 是社会系统的总体。将方程28代入方程27并简单求积分可得

$$\ln\left(\frac{1}{\overline{F}-F(t)}\right)=c_1t+\frac{c_2t^2}{2}+\frac{c_3t^3}{3}+c$$

这里 c 是一个积分常数。令

$$a_1=c,\ a_2=c_1,\ a_3=\frac{c_2}{2} \text{ 且 } a_4=\frac{c_3}{3}$$

模型变为

$$\ln\left(\frac{1}{\overline{F}-F(t)}\right)=a_1+a_2t+a_3t^2+a_4t^3 \qquad [29]$$

在用历史数据并使用方程 29 估计参数 a_1，a_2，a_3 以及 a_4 之前，上限 $\overline{F}$ 需要先估计。Souder 和 Quaddus 指出上限应该依赖于创新在其可替代性或生存因素 S 上的相对优势。也即，$F=f(S)$，这里

$$S=\frac{V(t_n)-V(t_0)}{V(t_0)} \qquad [30]$$

$V(t_0)$和 $V(t_n)$表示在时间 t_0 和时间 t_n(V 的最终值)一项创新的先验值(perceived value)或者主观价值，这里 $t_n \gg t_0$。更具体地，他们指出

$$\frac{d\overline{F}(S)}{dS}=Ke^{-S} \qquad [31]$$

这里 K 是一个常数。假定当 $S=\infty$ 时，$\overline{F}(S)=1.0$ 而 $S=0$ 时，$\overline{F}(S)=F(t_0)=0.01(1\%)$，对方程 31 简单求积分可得出：

$$\overline{F}(S)=1-0.99e^{-S} \qquad [32]$$

因此，对具体创新，如果 $V(t_0)$和 $V(t_n)$能够从专家意见或用户价值判断得到，S 能够由方程 30 所确定，$\overline{F}$ 能够被方程 32 所确定，因此，历史数据可以被用于估计扩散方程 29。

为了估计 $V(t_0)$ 和 $V(t_n)$，Souder 和 Quaddus(1982) 建议使用线性评分模型，比如：

$$V_i = \frac{L_i}{\sum_{K=1}^{I} L_K}$$

和

$$L_i = \sum_{j=1}^{J} w_j S_{ij}$$

也即，对时间 t_0 和时间 t_n，专家和用户被要求通过打分 S_{ij} 评估 I 创新的 J 项属性，相对重要的属性通过 w_j 调整。

Souder 和 Quaddus 将他们的方法用于评估长壁采矿技术的扩散，并参照了三种其他竞争性的地下采矿技术，虽然它们现在已经被长壁采矿技术所取代。一群实际和潜在的长壁采矿使用者、设备厂商、采矿工程师以及采矿研究者被要求阐述属性、确定这些属性的相对重要性以及估计四项技术在 1950 年(当 $t=t_0$ 且 $F(t_0)=0.01$) 和 2000 年(当前长壁采矿技术获得其最大可能技术进步的最终年份)的属性情况。基于这些个人对八项属性(生产率、健康与安全、维修百分比、投入、覆盖深度、洞顶支撑、掘出率以及传输率)的评估数据，Souder 和 Quaddus 得到关于长壁采矿技术的值：$V(t_n)=0.379$，$V(t_0)=0.148$，$S=1.56$，$\overline{F}=0.79$。他们将 $\overline{F}$ 的值代入方程 29 并使用可行的长壁

采矿技术采纳历史数据，通过普通最小二乘法估计出下面的扩散模型：

$$\ln\left(\frac{1}{0.79-F(t)}\right)=0.233\,6+0.007\,8t-0.000\,68t^2+0.000\,019t^3$$

其中 $R^2=0.985$。他们从这方程预测，在最高年份2000年 $\overline{F}=0.54(54\%)$。当然，只有时间才能证明他们预测的准确性。

该应用代表结合使用历史数据和专家意见预测一项创新的扩散模式。另外，还代表一种确定一项创新的潜在采纳者数量上限方法。最后，它还阐明了基础扩散模型的一种应用，将扩散系数 $g(t)$ 表示为时间的函数而非先行采纳者数量的函数。

第3节 口服避孕药在泰国的扩散

Sharif 和 Ramanathan(1981)描绘了动态潜在采纳者扩散模型的应用。Sharif 和 Ramanathan 考虑的是将潜在采纳者总体的四个模型和三个不同的扩散模型相结合。三个扩散模型如下：

模型1：$\frac{dN(t)}{dt}=a(\overline{N}(t)-N(t))$

模型2：$\frac{dN(t)}{dt}=\frac{b}{\overline{N}(t)}(\overline{N}(t)-N(t))N(t)$

模型3：$\frac{dN(t)}{dt}=a(\overline{N}(t)-N(t))+\frac{b}{\overline{N}(t)}(\overline{N}(t)-N(t))N(t)$

且

$$N(t=t_0)=N_0$$

模型1是外部影响扩散模型；模型2和模型3分别是内部影响扩散模型和混合影响扩散模型。

对每个模型，Sharif 和 Ramanathan 构建了下列四个模

型代表潜在采纳者总数：

$$\overline{N}(t)=\overline{N}_0 e^{gt}\text{，这里 }\overline{N}_0>0,\ g>0$$

$$\overline{N}(t)=\overline{N}_0(1+\alpha t)\text{，这里 }\overline{N}_0>0,\ \alpha>0$$

$$\overline{N}(t)=\frac{\kappa}{1+\mu e^{-\lambda t}}\text{，这里 }\kappa>0,\ \mu>0,\ \lambda>0$$

$$\overline{N}(t)=\kappa-ke^{-\theta t}\text{，这里 }\kappa>0,\ k>0,\ \theta>0$$

这里 $\overline{N}_0$ 是当 $t=t_0$ 且 g，α，κ，μ，λ，k 和 θ 均为常数时的市场潜力。

将潜在采纳者总数模型代入三个扩散模型并进一步求积分，如 Sharif 和 Ramanathan 所指出，显示下列案例的回归分析准确解可以得到：

模型 1：(a) $\overline{N}(t)=\overline{N}_0 e^{gt}$

(b) $\overline{N}(t)=\overline{N}_0(1+\alpha t)$

(c) $\overline{N}(t)=\kappa-ke^{-\theta t}$

模型 2：(a) $\overline{N}(t)=\overline{N}_0 e^{gt}$

(b) $\overline{N}(t)=\dfrac{\kappa}{1+\mu e^{-\lambda t}}$

模型 3：(a) $\overline{N}(t)=\overline{N}_0 e^{gt}$

这些例子的每个准确解如下。

模型 1：(a) $N(t)=\left(N_0-\dfrac{a\overline{N}_0}{a+g}\right)e^{-at}+\dfrac{a\overline{N}_0}{a+g}e^{gt}$

$$N_0 \leqslant \overline{N}(t=0)=\overline{N}_0,\ N_0 \geqslant 0$$

$$(b)\ N(t)=\left(N_0-\overline{N}_0\left(\frac{a-\alpha}{a}\right)\right)e^{-at}+\overline{N}_0(1+\alpha t)-\frac{\alpha \overline{N}_0}{a} \qquad [34]$$

$$N_0 \leqslant \overline{N}(t=0)=\overline{N}_0,\ N_0 \geqslant 0,\ a>\alpha$$

$$(c)\ N(t)=\left(\frac{ak}{a-\theta}-(\kappa-N_0)\right)e^{-at}+\kappa-\frac{ak}{a-\theta}e^{-\theta t} \qquad [35]$$

$$N_0 \leqslant \overline{N}(t=0)=\kappa-k,\ N_0 \geqslant 0,\ a>\theta$$

模型 2：(a) $$N(t)=\frac{\overline{N}_0 e^{gt}}{\left(\frac{\overline{N}_0}{N_0}-\frac{b}{b-g}\right)e^{(b-g)t}+\frac{b}{b-g}} \qquad [36]$$

$$N_0 \leqslant \overline{N}(t=0)=\overline{N}_0,\ N_0>0,\ b>g$$

$$(b)\ N(t)=\frac{\kappa}{1+\left(\left(\frac{\kappa}{N_0}-1\right)-\frac{b\mu}{b-\lambda}\right)e^{-bt}+\frac{b\mu}{b-\lambda}e^{-\lambda t}} \qquad [37]$$

$$N_0 \leqslant \overline{N}(t=0)=\frac{\kappa}{1+\mu},\ N_0>0,\ b>\lambda$$

模型 3：$$N(t)=\overline{N}_0 e^{gt}\left(\frac{\left(\frac{\phi_1-\phi_2}{2}\right)-\phi_3\left(\frac{\phi_1+\phi_2}{2}\right)e^{-\phi_1 t}}{b+b\phi_3 e^{-\phi_1 t}}\right) \qquad [38]$$

这里

$$\phi_1 = \sqrt{(g + a - b)^2 + 4ab}$$

$$\phi_2 = (g + a - b)$$

$$\phi_3 = \frac{\left(\frac{\phi_1 - \phi_2}{2}\right) - \frac{bN_0}{\overline{N}_0}}{\left(\frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right) + \frac{bN_0}{\overline{N}_0}}$$

$$N_0 \leqslant \overline{N}(t = 0) = \overline{N}_0,\ N_0 > 0$$

Sharif 和 Ramanathan 在下列情形下使用这些模型：饮水加氟做法在美国的扩散、信用卡业务在美国的扩散、口服避孕药在泰国的扩散以及拖拉机在泰国的扩散。他们的方法是对方程 33 至方程 38 使用非线性估计方法（non-linear estimation procedures），并选择那些可以得到最小残差平方和的模型方程。表 5.2 描述了他们关于口服避孕药在泰国扩散的研究结果。模型 2(b)，方程 37 拟合得最好。需要注意的是，假定 $\overline{N}$ 为常数时对模型的拟合具有显著地提升（参考表 5.2）。

表 5.2　口服避孕药在泰国扩散的非线性回归分析结果

模　　型	参数值	残差平方和
模型 2 $\overline{N}(t) = \overline{N}$（常数）	$b = 1.0795$ $\overline{N} = 2\,120.80$	234 773.00
模型 2(a) $\overline{N}(t) = \overline{N}_0 e^{gt}$	$b = 1.6650$ $\overline{N}_0 = 455.47$ $g = 0.2098$	1 185.84

续表

模　型	参数值	残差平方和
模型 2(b)	$b = 1.7321$	578.98
$\overline{N}(t) = \frac{\kappa}{1+\mu e^{-\lambda t}}$	$\kappa = 6\,480.30$	
	$\mu = 7.7857$	
	$\lambda = 0.2818$	
模型 3	$a = 2.8787 \times 10^{-2}$	15 551.20
$\overline{N}(t) = \overline{N}$(常数)	$b = 0.4088$	
	$\overline{N} = 3\,036.54$	
模型 3(a)	$a = 1.9412 \times 10^{-2}$	6 602.6
$\overline{N}(t) = \overline{N}_0 e^{gt}$	$b = 1.4320$	
	$\overline{N}_0 = 486.5$	
	$g = 0.2033$	

资料来源：Sharif & Ramanathan(1981).

这一应用代表了当存在动态潜在采纳者总体时对扩散模型的使用。另外，它还阐明运用备择扩散模型公式去最大程度描绘给定扩散模式。

第 4 节 | 计算机终端设备在已有工程环境的扩散

如前所述,对公司中一项新产品或新技术替代已有产品或技术的过程,Mansfield(1961)开创性地开发了该过程的经验模型。使用纯内部影响模型,Mansfield 试图为其模型在四个不同的产业部门——铁路、煤炭、钢铁和啤酒——获得经验支持。通过假定内部影响的系数受到与产业和创新有关因素的影响,他能够建立如下的回归方程:

$$b = z + 0.530\pi - 0.027I$$

这里 z 是一个表示给定产业的常数,π 是利润指数,而 I 是投入指数。在缺乏历史数据的情况下,一项创新的扩散曲线可以通过估计 z, π, I 以及 b 得到。尽管 Mansfield 的方法能够在 Blackman(1974)那里找到案例,这里所阐明的创新扩散是在个体之间(而非公司之间)。该阐释来自 Randles(1983)。

Randles曾使用Mansfield的模型去研究一家公司的航空部门工作人员中电脑终端机的扩散。因为他假定工人们会使用电脑终端机替代二代手摇计算器，Randles首先使用下面的模型为二代手摇计算机的采纳形成了扩散曲线：

$$\frac{dF(t)}{dt}=bF(t)(\overline{F}-F(t)) \text{ 且 } F(t=t_0)=F_0$$

或者

$$\ln\left(\frac{F(t)}{\overline{F}-F(t)}\right)=c+bt \qquad [39]$$

这里

$$c=\ln\left(\frac{F_0}{\overline{F}-F_0}\right)-bt_0=\text{常数}$$

同样，

$$F(t)=\frac{\overline{F}}{1+\exp(-(c+bt))} \qquad [40]$$

使用方程39和对手摇计算机采纳的调查数据，使用回归分析得到两组估计值。对于手摇计算机的初次扩散，

$$c=-6.650\,781,\ b=0.640\,703,\ \overline{F}=0.955,\ R^2=0.98$$

对于第二代的扩散，

$$c=15.552\,417,\ b=1.033\,016,\ \overline{F}=0.918,\ R^2=0.98$$

为了将方程 40 用于电脑终端机的扩散，首先需要估计 $\overline{F}$，c 以及 b。Randles 使用两种方法估计 b。第一种方法涉及使用可得的组织内部电脑终端机采纳的有限历史数据（3 个数据点）。对方程 39 的最小二乘分析得到的值为 $b=0.540\,815$。另外一种方法是使用 Mansfield 的手摇计算器数据的公式，也即

$$b=z+b_l\pi+b_2 I \tag{41}$$

然而，因为仅仅两个数据点是可得的（对 b 的值而言），特定的假定被用于将方程 41 化简为两个参数的方程。首先，Randles 假定所有雇员的利益因素或动机都是一致的。也即，$K=z+b_l\pi=$常数。其次，对于电脑终端机的使用，因为公司进行资金投入，所以假定雇员的投入仅仅是时间投入。最后，方程 41 能够被写成

$$b=K+UI \tag{42}$$

这里 K 和 U 都是常数。

然后，为了估计 K 和 U，对两代手摇计算机而言，I 的值如下界定为：

$$I_1=\frac{C_1}{Rate}+h=8+h \tag{43}$$

$$I_2=\frac{C_2}{Rate}+0.65h=5.22+0.65h \tag{44}$$

这里，$C_1=$第一代计算器的平均花费$=\$112.47$；

C_2 =第二代计算器的平均花费 = $73.06；*Rate* =组织内部平均的小时工资 = $14/小时；而 h =较为熟练掌握所需的时间。方程 44 中 0.65 的值代表了对学习类似重复计算任务的估计。因为对于第一代手摇计算器 b =0.640 703 而对第二代 b =1.033 016，常数 K 和 U 能够通过 h（方程 43 和方程 44 的均值）简单计算而得。另外，假定 $H=\alpha h$，这里 H 是获得对电脑终端机熟练掌握所花的时间且 α 是一个常数，下面的表达式被用于估计电脑终端机内部影响的系数：

$$b=0.640\,703+0.392\,313\left(\frac{8+(1-\alpha)h}{2.78+0.35h}\right) \qquad [45]$$

表 5.3 显示了针对不同的 α 和 h 所得到的 b 值。对电脑终端机的有限数据给定 b =0.540 815，最终 b =0.540 被用于电脑终端机的扩散方程 40。

表 5.3 电脑终端机扩散的 b 值

Alpha	小时(h)					
(α)	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0
1.55	0.893 808	0.796 878	0.719 390	0.656 028	0.603 251	0.558 611
1.65	0.837 563	0.734 409	0.651 944	0.584 513	0.528 346	0.480 840
1.70	0.809 440	0.703 173	0.618 221	0.548 755	0.490 894	0.441 954
1.80	0.753 194	0.640 703	0.550 774	0.477 239	0.415 989	0.364 183
2.00	0.640 703	0.515 763	0.415 882	0.334 208	0.266 180	0.208 640
2.20	0.528 212	0.390 822	0.280 989	0.191 178	0.116 371	0.053 098

资料来源：Randles(1983).

对两代手摇计算器，分别给定 $\overline{F}$ 的值为 $\overline{F}=0.955$ 和 0.918，假定电脑终端机的 $\overline{F}$ 是一个指数关系。也即，因为 $\overline{F}$（第二代计算器）$=(0.955)^2=0.918$，所以 $\overline{F}$（电脑终端机）$=(0.918)^2=0.842$。将该值代入方程 40，所以最后的模型如下：

$$F(t)=\frac{0.842}{1+\exp(-(c+0.540t))} \qquad [46]$$

通过确定第三个数据点的实际采纳人数数据计算出 c 的值之后，Randles 使用方程 46 建构了组织内电脑终端机的扩散曲线。

该应用显示了扩散曲线模型化的三个方面。第一，它显示解释变量如何能够被纳入扩散模型。第二，它显示在研究一项创新时，类似创新的参数估计如何能够被用于估计该项创新的参数。第三，它再次显示了存在有限数据的情况下对扩散模型的创造性应用。

第5节 | 电话银行业务扩散

本章最后一个应用显示将市场混合变量纳入到基础扩散模型中。更特别的是，该应用将广告纳入到混合影响扩散模型中。

如第4章所讨论的，Horsky 和 Simon(1983)假设广告服务告知改革者们创新的存在和创新的价值，所以它的作用需要被纳入到外部影响系数中。他们建立了如下的模型去检验他们的假设：

$$\frac{dN(t)}{dt}=(a_1+a_2\ln A(t)+bN(t))(\overline{N}-N(t))$$

该模型类似离散的性质使得能够使用一般最小二乘法估计，并且能写为

$$\begin{aligned}N(t+1)-N(t)=a_1(\overline{N}-N(t))\\ +a_2\ln A(t)(\overline{N}-N(t))\\ +bN(t)(\overline{N}-N(t))\end{aligned}$$

为了阐明他们模型的应用，Horsky 和 Simon(1983)分析了电话银行业务在五个标准化大都市统计区(SMSAs)

的扩散，这五个大都市区分布于东部沿海到中西部。该项业务由互助储蓄银行在 1974 年 10 月至 1975 年 4 月间推出，允许客户通过电话支付账单，让客户先开设一个活期存款账号，然后给他们需要支付账单的商户提供姓名和个人账号。采纳数量由新开的账户数量测量，广告支出代表了在媒体、邮件和销售点的所有花费。

表 5.4 显示了 Horsky 和 Simon 所开发的离散扩散模型的结果。因为他们将上限 $\overline{N}$ 作为模型参数，为了估计 a_1，a_2，b 以及 $\overline{N}$，他们变换了 $\overline{N}$ 的值以得到最大的 R^2。

表 5.4 扩散模型参数估计

SMSA	市场潜力 $\overline{N}$	促销作用		口头传播 $(b \cdot 10^{+5})$	拟合优度 (R^2)	观察月数*
		宣传 $(a_1 \cdot 10^{+3})$	广告 $(a_2 \cdot 10^{+3})$			
A	1 700	1.52 (4.1)**	2.99 (1.77)	3.64 (1.29)	0.66	14
B	3 600	0.64 (0.17)	1.32 (0.35)	2.08 (0.32)	0.91	16
C	6 200	0.57 (0.19)	0.89 (0.21)	1.28 (0.61)	0.82	20
D	21 500	1.53 (0.70)	0.23 (0.10)	0.40 (0.11)	0.74	21
E	22 800	1.17 (0.43)	0.15 (0.04)	0.29 (0.07)	0.82	13

注：* 由于银行会扩展其业务（更改产品），提供扩展业务的观测值往往被删除，所以造成这里的观测月数往往比银行实际提供此类业务的时期要少。

** 括号内是标准误。

资料来源：Horsky & Simon(1983)

如同 R^2 的值所显示的，他们的模型对不同的标准化大都市统计区表现较好。给定表 5.4 中系数的值，各个时期扩散模型中的那些项（广告和口头传播）的作用能够被计算出来。

本应用揭示了市场的混合变量如何能够被纳入扩散模型中，以便使得它们对模型参数的影响以及最终对扩散模式的影响能够被直接检验或估计出来。

第6节 评论

本章简要回顾了扩散模型的五类应用说明。总之，这些应用在考虑不同情境下扩散模型功用方面，具有创造性的洞察力和理念。尽管特定应用的特性会随着不同学科或创新而变化，但是在本章及前面章节所描述的模型和方法在模型化时间扩散模式上将非常有用。

第6章

现状和展望

尽管之前章节所讨论的扩散模型可能有时看起来缺乏深度且/或者简单，实际上，它们代表了一组非常有力的概念工具。如上所述，它们被广泛用于不同学科的扩散现象研究之中。

虽然存在众多应用，仔细回顾相关文献可以了解，一般而言扩散模型具有三个截然不同用处。最初，它们被用于描述行为事件，比如谣言的传播或某些创新的扩散。同样，它们被用做解释方法且有时被用于检验基于扩散的特定假设。后者详见 Mansfield(1961)的著作，他使用扩散曲线去检验关于技术革新的假设。

第二种用处是作为标准。具体而言，扩散模型已经经常被视为标准模型。比如，在这种语境下，给定（“天然的”）扩散（销量增加）曲线形状，市场人员使用扩散模型作为产品该如何行销的依据。除此之外，实际上所有扩散模型的应用本质上都是标准的，这是因为研究者们假定，不管是明确地还是暗含地假定，所分析数据中具有可观察到

的某种规律。的确,如果没有这个假定,他们没有必要使用扩散模型。[25]

第三个或许也是最常用的是预测。这在商业领域中非常流行,该领域常用于预测新产品的成功或者失败。在这里,扩散模型只是作为预测的备用方法之一。尽管它们被广泛用于预测技术应用(Martino, 1983),但它们应用于预测传统时间序列数据的价值还未充分发掘。当考虑将时间扩散模型用于预测时,首先需要评估它们与其他预测技术相关的特性和能力。比如,表 6.1 展示的时间扩散模型和 Box-Jenins 方法(比如 Makridakis et al., 1983)的简单对照。如果我们要考虑选择哪个方法做预测,需要做许多类似的比较以选择最合适的方法。

表 6.1　扩散方法和 Box-Jenkins 方法预测的简单比较

扩散模型特性	Box-Jenkins 特性
基于理论	数据驱动(非理论的)
短期预测(2—3 个阶段)	短期预测(2—3 个阶段)
少量数据点用于估计参数	相对多的数据点用于估计参数
参数估计简单	要求使用高级参数估计方法
应用相对直接	应用需要更多评判
描述性和规范性应用	仅仅是描述性应用
忽略时间序列数据的特质(比如,自相关)	适应时间序列数据的特别设计

资料来源:改写自 Mahajan & Wind(1985)。

尽管扩散模型已经以一种形式或其他形式存在多年,但仅有最近它们才被严格检验且它们的特性才被研究。尽管如此,不管是实践方面还是理论方面均有许多工作要

做。比如,在预测方面,实际上少有研究讨论使用扩散模型做预测时候的准确性,那些实现准确性的却仅仅使用一种领先方法。我们需要从经验上比较扩散模型的预测能力和其他时间序列技术(比如 Box-Jenking 方法)。最终,扩散模型会与其他预测方法相结合。比如,通过结合扩散模型和联合分析为基础的模拟器(Green & Wind, 1975),将可能在新产品投入市场之前准确预测其销量。

此外,从理论和实践方面而言,需要研究哪些变量应该被包括在扩散模型中,而这些模型又需要何种形式。比如,在商业应用中,价格和/或广告变量的作用需要得到研究,而且还需要确定它们以何种形式纳入模型中。同样,还需要将"撤回的采纳"放到扩散模型中,而有时则需要包括"重复采纳"或者"替代性采纳"。

简言之,对扩散模型还有许多工作要做。除了拓展或改良当前所存的确定性模型外,还需要在扩散模型中纳入随机因素以提高它们的真实性和恰当性(如 Tapiero, 1983)。实际上,对统一的扩散模型理论需求更为迫切。只有这样,扩散模型才可能模型化特定的行为现象,而无需做不切实际的假定或简化。

同时,还需要使用扩散模型对那些当前还被认为是非传统数据进行分析。比如,Monin 等(Monin et al., 1976)已经建议将扩散模型用于分析民意变化,他们还指出,民意的确切改变使得其可以使用类似扩散分析方法。最近,

Becker 和 Speltz(1983)在检验研究和生产率发展时试图应用扩散曲线概念。尽管没有足够的证据评判这些以及相似应用的功效,但是他们认为扩散模型能够用于比它们传统用法更广的情境中。

虽然在扩散模型方面做了许多工作,但如果研究者们更多地去识别(identifying)扩散模型可能会更好。这些识别不仅仅是新的应用,而且是采用新的甚至更有用的模型去研究那些行为和技术的特性的现象。这些现象之前可能是从未被认为可以进行任何的系统性分析的。因此,乐于看到学者们继续构建更好、更重要的扩散模型,以应用于更为广阔的现象中。

附录　Von Bertalanffy 模型推导

使用第 2 章的数学符号，Von Bertalanffy 模型可以被写为

$$\frac{dN(t)}{dt}=\frac{b}{1-\theta}N^{\theta}(t)(\overline{N}^{1-\theta}-N^{1-\theta}(t)) \qquad [A-1]$$

假定 $N(t=t_0)=N_0$，对 A-1 求积分可得

$$N(t)=[\overline{N}^{1-\theta}-(\overline{N}^{1-\theta}-N_0^{1-\theta})\exp(-b(t-t_0))]^{\frac{1}{1-\theta}} \qquad [A-2]$$

注意，当 $\theta=0$ 以及 $N(t=t_0=0)=0$ 时，方程 A-1 和方程 A-2 可以化简为：

$$\frac{dN(t)}{dt}=b(\overline{N}-N(t)) \text{ 且 } N(t)=\overline{N}(1-\exp(-bt))$$

$b=a$ 时，这是第 2 章所展示的外部影响模型。另一方面，如果 $\theta=2$，方程 A-1 和方程 A-2 为：

$$\frac{dN(t)}{dt}=\frac{b}{\overline{N}}(\overline{N}-N(t))N(t)$$

$$N(t)=\frac{\overline{N}}{1+\frac{(\overline{N}-N_0)}{N_0}\exp\left(-b(t-t_0)\right)}$$

这是第 2 章所展示的内部影响模型，内部影响的系数由 $\overline{N}$ 所衡量。

Von Bertalanffy 模型没有定义 $\theta=1$。然而，当 $\theta\to 1$ 时，模型化简为 Gompertz 扩散模型。通过重写方程 A-1 可以容易得到这点：

$$\frac{dN(t)}{dt}=bN(t)\left[\frac{1}{1-\theta}\left(\left(\frac{\overline{N}}{N(t)}\right)^{1-\theta}-1\right)\right] \quad [A\text{-}3]$$

当 $\theta\to 1$ 时

$$\frac{1}{1-\theta}\left(\left(\frac{\overline{N}}{N(t)}\right)^{1-\theta}-1\right)$$

的极限值为 $\ln(\overline{N}/N(t))$。为了展示这点，令 $\overline{N}/N(t)=p$ 且 $1-\theta=x$。使用洛必达法则，

$$\lim_{x\to 0}\frac{p^x-1}{x}=\lim_{x\to 0}\frac{\frac{d}{dx}(p^x-1)}{dx/dx}=\lim_{x\to 0}p^x\ln p=\ln p$$

因此，方程 A-3 化简为

$$\frac{dN(t)}{dt}=bN(t)(\ln\overline{N}-\ln N(t))$$

这是 Gompertz 模型。因此，Von Bertalanffy 模型包括外部影响模型和内部影响模型的 logistic 和 Gompertz

形式。

定义 $F(t)=N(t)/\overline{N}$，潜在采纳者在时间 t 采纳该创新的分数，方程 A-1 能够被改写为：

$$\frac{dF(t)}{dt}=\frac{b}{1-\theta}F^{\theta}(1-F^{1-\theta}) \qquad [\text{A-4}]$$

拐点

Von Bertalanffy 模型具有一个可变拐点，F^*。实际上，当 $\theta \to 0$ 时，$F^* \to 0$，当 $\theta \to \infty$ 时，$F^* \to 1$，且当 $\theta \to 1$ 时，$F^* \to \frac{1}{e}$。这些结果可以从模型中一阶求导出拐点。Von Bertalanffy 模型的拐点可以通过对方程 A-4 的 F 求导得出，令其等于 0 可以得到 F^* 的解。对方程 A-4 求微分且进一步简化可以得到：

$$F^* = (\theta)^{\frac{1}{1-\theta}} \qquad [A\text{-}5]$$

从方程 A-2 有

$$F = [1-(1-F_0^{1-\theta})\exp(-b(t-t_0))]^{\frac{1}{1-\theta}} \qquad [A\text{-}6]$$

将方程 A-6 代入方程 A-5 以及进一步简化得到拐点出现的时间，t^*。也即

$$t^* = t_0 + \frac{1}{b}\ln\left(\frac{1-F_0^{*\,1-\theta}}{1-\theta}\right) \qquad [A\text{-}7]$$

为了演示，当 $\theta \to 0$ 时，$F^* \to 0$，令

$$z = \ln F^* = \frac{1}{1-\theta}\ln\theta$$

因为

$$\lim_{\theta\to 0} z = \lim_{\theta\to 0} \frac{\ln\theta}{1-\theta} = -\infty$$

因此

$\lim_{\theta\to 0} F^* = e^{-\infty} = 0$，也即当 $\theta\to 0$ 时，$F^*\to 0$。

类似地，当 $\theta\to\infty$ 时，使用洛必达（L'Hospital）法则，

$$\lim_{\theta\to\infty} z = \lim_{\theta\to\infty} \frac{1}{1-\theta}\ln\theta = \lim_{\theta\to\infty} \frac{\frac{1}{\theta}}{-1} = 0$$

因此，

$\lim_{\theta\to\infty} F^* = e^0 = 1$，也即当 $\theta\to\infty$ 时，$F^*\to 1$

之前已经展示过，当 $\theta\to 1$ 时，Von Bertalanffy 模型化简为 Gompertz 扩散模型。可以很简单得到当 $\theta\to 1$ 时，$F^*\to\frac{1}{e}$，也即 Gompertz 模型的拐点。再次使用洛必达法则，

$$\lim_{\theta\to 1} z = \lim_{\theta\to 1} \frac{1}{1-\theta}\ln\theta$$

$$= \lim_{\theta\to 1} \frac{\frac{1}{\theta}}{-1} = -1$$

因此，

$$\lim_{\theta \to 1} F^* = e^{-1} = \frac{1}{e}$$

同样，因为 $dF^*/d\theta > 0$，Von Bertalanffy 模型的拐点可能在扩散过程的任何阶段出现。

对称性

实际上 Von Bertalanffy 模型包括逻辑斯蒂内部影响模型(具有对称性)和 Gompertz 内部影响(非对称的)模型,这可以清楚明了地得到该模型既能够适用于对称性的扩散模式,也能适用于非对称性的扩散模式。

最大扩散程度

Von Bertalanffy 模型中 $dF(t)/dt$ 的最大值在 $\theta \to 0$ 时为 b，当 $\theta \to \infty$ 时为 0。也即，最大值的范围是 0 到 b。有了这些，在拐点（将方程 A-5 代入方程 A-4），

$$\left.\frac{dF(t)}{dt}\right|_{\text{at } F^*}^{\max} = b(\theta)^{\frac{\theta}{1-\theta}}$$

令

$$z = \ln \frac{1}{b} \left.\frac{dF(t)}{dt}\right|_{\max} = \frac{\theta}{1-\theta} \ln \theta$$

使用洛必达法则，

$$\lim_{\theta \to 0} z = \lim_{\theta \to 0} \frac{\theta}{1-\theta} \ln \theta = \lim_{\theta \to 0} \frac{\ln \theta}{\dfrac{1}{\theta} - 1}$$

$$= \lim_{\theta \to 0} \frac{\dfrac{1}{\theta}}{\dfrac{-1}{\theta^2}} = \lim_{\theta \to 0} (-\theta) = 0$$

因此，

$$\lim_{\theta \to 0} z = \lim_{\theta \to 0} \ln \frac{1}{b} \frac{dF(t)}{dt}\bigg|_{\max} = 0$$

或者

$$\frac{dF}{dt}\bigg|_{\max} = b$$

也即，当 $\theta \to 0$ 时，

$$\frac{dF(t)}{dt}\bigg|_{\max}^{\to b}$$

同样，

$$\lim_{\theta \to \infty} z = \lim_{\theta \to \infty} \frac{\ln \theta}{\frac{1}{\theta} - 1} = \lim_{\theta \to \infty} \frac{\frac{1}{\theta}}{\frac{-1}{\theta^2}} = \lim_{\theta \to \infty} (-\theta) = -\infty$$

因此，

$$\lim_{\theta \to \infty} z = \lim_{\theta \to \infty} \ln \frac{1}{b} \frac{dF(t)}{dt}\bigg|_{\max} = -\infty$$

或者

$$\frac{1}{b} \frac{dF(t)}{dt}\bigg|_{\max} = e^{-\infty} = 0$$

也即，

$$\text{当 } \theta \to \infty \text{ 时，} \frac{dF(t)}{dt}\bigg|_{\max} \to 0$$

因此，最大值的范围是从 0 到 b。

注释

[1] 更多关于扩散模型在社会学和传播方面应用的历史回顾请参考 Hamblin 等(1973)。

[2] 因此,$\overline{N}$ 可以被视为可能采纳的总数上限或扩散曲线的渐进线。

[3] 为了方便比较所讨论的不同扩散模型,所有模型均采用这种符号和术语表示。

[4] 尽管 $g(t)$有时被认为是“比例常数”,它仅仅当描述扩散过程的特定性质时候才是“常数”。

[5] 本章的大多讨论来自 Mahajan 和 Schoeman(1977)。

[6] 过去 a 被解释为创新的一个系数。但是这是太过于限制性的解释。

[7] 本模型还被用于 Fourt 和 Woodlock(1960)那篇频繁被引用的预测百货销量预测文章中。然而,经管模型从统计上非常好地“拟合”数据,但是因为概念上的缺陷使得存在解释上的难题。

[8] 需要注意,尽管原始创新者没有确定,但使用本模型时肯定存在一个首先采纳者或者发明者(比如,$N_0 \geqslant 1$)。

[9] 然而 Gray 的应用备受批评。比如,参考 Walker(1973) 和 Eyestone (1977)。

[10] 内部影响模型也显示出于 Fisher 和 Pry(1971)以及 Blackman(1972)的 logistic 替代模型有关联。这些模型可以被表示为

$$\frac{dF(t)}{dt} = b'F(t)(\overline{F} - F(t))$$

这里 $F(t)$是一项产品或者技术在时间 t 的市场份额(比如,

$$F(t) = \frac{N(t)}{M}$$

其中 M 是市场总容量),b'是内部影响系数,而 $\overline{F}$ 是市场上限(比如,$\overline{F} = \overline{N}/M$)。在 Fisher 和 Pry 模型中,$\overline{F}$ 被假定等于 1.0(完全饱和市场)。

[11] 显然,可得的时间段越多,参数估计也将会越可信、越稳定。不过,可得时间段的数量,一定程度上是估计过程目标的一个函数——预测未来采纳还是解释扩散过程。前者一般在扩散过程开始的时候进行,而此时可提供的有关数据点有限(比如,做销售预测);后者常常用于回顾,而此时可得的数据点也多(比如,当扩散完成的时候)。更多的讨论请参考 Tigert 和 Farivar(1981),Cyr(1983)以及 Meade

(1984)。

[12] 更多关于这些阶段存在的证据评述请参考 Rogers(1983)。

[13] 本章改写自 Easingwood 等(1981, 1983)。

[14] 两个叠加模型分别被用于研究扩散模式，以在模型中纳入累积正态分布函数(Stapleton, 1976)或 Weibull 分布函数(Pessemier, 1977; Sharif & Islam, 1980)。累积正态分别得到一根 S 形曲线，在 $\bar{F}=0.5$ 时得到固定的拐点。因此，累积正态分布区模型化扩散过程作用有限。Pessemier(1977)以及 Sharif 和 Islam(1980)曾建议使用韦布分布作为一般化模型区预测创新扩散。该分布得到一根非对称的曲线，拐点对扩散模式敏感。尽管拥有所需要的扩散曲线特性，但是它忽略了扩散背后的理论。另外，模型参数的行为上和管理上的解释是不清晰的。

[15] 然而，如同我们在表 3.1 所提到的，考虑到拐点或者扩散最大速率的时间时，混合影响(Bass)模型允许一些改变。

[16] 模型的推导见 Sharif 和 Ramanathan(1981)。

[17] Sanatani(1981)曾通过使用系统动态模拟方法研究新产品在区隔群体中的市场渗透，证实了这样动态模式的存在。

[18] 基础混合影响模型的应用产生一个不合意的(负的)b 的参数估计。

[19] 这些引文显示，除了可能提供准确的预测，动态扩散模型还有其他的作用。通过明智选择 $S(t)$的变量，可以得到具有洞察力的解释，诸如为何有的创新扩散比其他的更为容易。

[20] 机警的读者会发现这些方程与 Volterra 和 Lotka 经典种群竞争方程(Pielou, 1969)非常相似。

[21] 如果一项创新被引介到一个以上地区(或许在不同的时间)，每个地区可能同时受到不同扩散"波"的影响。

[22] 另一种在扩散模型中研究空间和时间的方法由 Haynes 等人(1977)提出。通过使用人际交流和邻里交流的行为元素，他们用一个二阶微分方程表示了空间扩散现象。这种做法与在物理科学中使用一般方程从内部能量来源中区分热能、质量和动量转化是相似的。

[23] 在他们的模型公式中，Mahajan 等人(1984)忽略了中立信息的存在。

[24] 调查的细节请参考 Robertson 和 Wind(1980)。关于如何将基于社会调查得出的数据的估计用于估计整个社会系统的扩散模式的讨论，请参看 Schmittlein 和 Mahajan(1982)。

[25] 有趣之处在于，尽管大多数扩散模型应用具有规范性，这些描绘应用则是预测应用的对立面。在前者的应用中，研究者通常有较长时间

序列，且试图描述或解释其特定形状或形式。在后者的应用中，研究者通常仅有较短时间序列（比如较少数据点）且对解释一种模式为何发生不感兴趣，而是对预测未来的模式感兴趣。这些广泛的不同点仍旧在增强扩散模型的能力，使它们被广泛使用。

参考文献

BAILEY, N.T.J. (1957) Mathematical Theory of Epidemics. New York: Hafner.
BASS, F. M. (1969) "A new product growth model for consumer durables." Management Science 15: 215-227.
———(1980) "The relationship between diffusion rates, experience curves, and demand elasticities for consumer durable technological innovations." Journal of Business 53: S57-S67.
BECKER, R. H. and L. M. SPELTZ (1983) "Putting the S-Curve concept to work." Research Management 26: 31-33.
BERNHARDT, I. and K. M. MacKENZIE (1972) "Some problems in using diffusion models for new products." Management Science 19: 187-200.
BLACKMAN, A. W., Jr. (1972) "A mathematical model for trend forecasts." Technological Forecasting and Social Change 3: 441-452.
———(1974) "The market dynamics of technological substitutions." Technological Forecasting and Social Change 6: 41-63.
BRETSCHNEIDER, S. I. and V. MAHAJAN (1980) "Adaptive technological substitution models." Technological Forecasting and Social Change 18: 129-139.
BROWN, L. A. (1981) Innovation Diffusion: A New Perspective. New York: Methuen.
———and S. G. PHILLIBER (1977) "The diffusion of a population-related innovation: the planned parenthood affiliate." Social Science Quarterly 58: 215-228.
CASETTI, E. and R. K. SEMPLE (1969) "Concerning and testing of spatial diffusion hypotheses." Geographical Analysis 1: 254-259.
CHOW, G. C. (1967) "Technological change and the demand for computers." American Economic Review 57: 1117-1130.
CLARKE, D and R. J. DOLAN (1984) "A simulation analysis of alternative strategies for dynamic environments." Journal of Business 57: S179-S200.
COLEMAN, J. S., E. KATZ, and H. MENZEL (1966) Medical Innovation: A Diffusion Study. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
CYR, A. B. (1983) "A crucial regression error in research on diffusion of state policies." Political Methodology 9: 201-214.
DIXON, R. (1980) "Hybrid corn revisited." Econometrica 48: 1451-1461.
DODSON, J. A. and E. MULLER (1978) "Models for new product diffusion through advertising and word-of-mouth." Management Science 24: 1568-1578.
DOLAN, R. J. and A. P. JEULAND (1981) "Experience curves and dynamic demand models: implications for optimal pricing strategies." Journal of Marketing 45: 52-73.
DRAPER, N. and H. SMITH (1981) Applied Regression Analysis. New York: John Wiley.
EASINGWOOD, C. J., V. MAHAJAN, and E. W. MULLER (1983) "A non-uniform influence innovation diffusion model of new product acceptance." Marketing Science 2: 273-296.
———(1981) "A nonsymmetric responding logistic model for forecasting technological substitution." Technological Forecasting and Social Change 20: 199-213.
ELIASHBERG, J. and A. P. JEULAND (1982) The Impact of Competitive Entry in a Developing Market upon Dynamic Pricing Strategies. Working paper. Philadelphia: The Wharton School, University of Pennsylvania.
EYESTONE, R. (1977) "Confusion, diffusion, and innovation." American Political Science Review 71: 441-447.
FISHER, J. C. and R. H. PRY (1971) "A simple substitution model for technological change." Technological Forecasting and Social Change 2: 75-88.
FERSHTMAN, C., V. MAHAJAN, and E. MULLER (1983) Advertising, Pricing and Stability in Oligopolistic Markets for New Products. Working paper. Dallas: Edwin L.

Cox School of Business, Southern Methodist University.
FLOYD, A. (1968) "A methodology for trend forecasting of figures of merit," pp. 95-109 in J. Bright (ed.) Technological Forecasting for Industry and Government: Methods and Applications. Inglewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
FOURT, L. A. and J. W. WOODLOCK (1960) "Early prediction of market success for new grocery products." Journal of Marketing 25: 31-38.
GRAY, V. (1973) "Innovation in the states: a diffusion study." The American Political Science Review 67: 1174-1182.
GREEN, P. E. and Y. WIND (1975) "New way to measure consumers' judgments." Harvard Business Review 53 (July-August): 107-117.
GRILICHES, Z. (1957) "Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change." Econometrica 25: 501-522.
HAGERSTRAND, T. (1967) Innovation Diffusion as a Spatial Process. Chicago: University of Chicago Press.
HAMBLIN, R. L., R. B. JACOBSEN, and J.L.L. MILLER (1973) A Mathematical Theory of Social Change. New York: John Wiley.
HAYNES, K. E., V. MAHAJAN, and G. M. WHITE (1977) "Innovation diffusion: a deterministic model of space-time integration with physical analog." Social-Economic Planning Sciences 11 (February): 25-29.
HEELER, R. M. and T. P. HUSTAD (1980) "Problems in predicting new product growth for durables." Management Science 26: 1007-1020.
HENDRY, I. (1972) "The three parameter approach to long range forecasting." Long Range Planning 5: 40-45.
HORSKY, D. and L. S. SIMON (1983) "Advertising and the diffusion of new products." Marketing Science 2: 1-18.
JEULAND, A. (1981) Parsimonious Models of Diffusion of Innovation: Derivation and Comparisons. Working paper, marketing department. Chicago: Graduate School of Business, University of Chicago.
JORGENSON, S. (1983) "Optimal control of a diffusion model of new product acceptance with price-dependent total market potential." Optimal Control Applications and Methods 4: 269-276.
KALISH, S. (1983) "Monopolistic pricing with dynamic demand and product costs." Marketing Science 2: 135-160.
———and G. L. LILIEN (1983) A Market Entry Timing Model for New Technologies. Working paper. College Park: Pennsylvania State University.
KATZ, E., M. LEVIN, and H. HAMILTON (1963) "Traditions of research on the diffusion of innovation." American Sociological Review 28: 237-252.
KELLY, P. and M. KRANZBERG [eds.] (1978) Technological Innovation: A Critical Review of Current Knowledge. San Francisco: San Francisco Press.
LACKMAN, C. L. (1978) "Gompertz curve forecasting: a new product application." Journal of the Market Research Society 20: 45-57.
LAWRENCE, K. D. and W. H. LAWTON (1981) "Applications of Diffusion Models: Some Empirical Results," pp. 529-541 in Y. Wind et al. (eds.) New Product Forecasting. Lexington, MA: D. C. Heath.
LAWTON, S. B. and W. H. LAWTON (1979) "An autocatalytic model for the diffusion of educational innovations." Educational Administration Quarterly 15: 19-46.
LEKVALL, P. and C. WAHLBIN (1973) "A study of some assumptions underlying innovation diffusion functions." Swedish Journal of Economics 75: 326-377.
LILIEN, G. L., A. G. RAO, and S. KALISH (1981) "Bayesian estimation and control of detailing effort in a repeat-purchase diffusion environment." Management Science 27: 493-506.
MAHAJAN, V. and E. MULLER (1982) "Innovative behavior and repeat purchase diffusion models." Proceedings, American Marketing Educators' Conference. Chicago: American Marketing Association, 456-460.

———(1979) "Innovation diffusion and new product growth models in marketing." Journal of Marketing 43: 55-68.

———and R. A. KERIN (1984) "Introduction strategy for new products with positive and negative word-of-mouth." Management Science 30: 1389-1404.

MAHAJAN, V. and R. A. PETERSON (1979) "Integrating time and space in technological substitution models." Technological Forecasting and Social Change 14: 127-146.

———(1978) "Innovation diffusion in a dynamic potential adopter population." Management Science 24: 1589-1597. (See also, Management Science (1982), 28: 1087.)

MAHAJAN, V. and M.E.F. SCHOEMAN (1977) "Generalized model for the time pattern of the diffusion process." IEEE Transactions on Engineering Management EM-24: 12-18.

MAHAJAN, V. and Y. WIND (1985) Innovation Diffusion and New Product Forecasting. Working paper. Dallas: Cox School of Business, Southern Methodist University.

———and S. SHARMA (1983) "An approach to repeat purchase diffusion models." Proceedings, American Marketing Educator's Conference. Chicago: American Marketing Association, 442-446.

MAHAJAN, V., K. E. HAYNES, and K. C. BAL KUMAR (1977) "Modeling the diffusion of public policy innovations among the U.S. states." Socio-Economic Planning Sciences 11: 259-263.

MAKRIDAKIS, S., S. C. WHEELWRIGHT, and V. E. McGEE (1983) Forecasting: Methods and Applications. New York: John Wiley.

MALECKI, E. J. (1977) "Firms and innovation diffusion: examples from banking." Environment and Planning 9: 1291-1305.

MANSFIELD, E. (1961) "Technical change and the rate of imitation." Econometrica 29: 741-766.

MARTINO, J. P. (1983) Technological Forecasting for Decision Making. New York: Elsevier North-Holland.

MATE, K. (1982) Optimal Advertising Strategies for Competing Firms Marketing New Products. Working paper. St. Louis: School of Business, Washington University.

MEADE, N. (1984) "The use of growth curves in forecasting market development—a review and appraisal." Journal of Forecasting 3: 429-451.

MIDGLEY, D. F. (1976) "A simple mathematical theory of innovative behavior." Journal of Consumer Research 3: 31-41.

MONIN, J. P., R. BENAYOUN, and B. SERT (1976) Initiation to the Mathematics of the Processes of Diffusion, Contagion and Propagation. Paris: Mouton.

OLIVER, F. R. (1964) "Methods of Estimating the Logistic Growth Curve." Applied Statistics 13: 57-66.

OLSON, J. A. (1982) "Generalized least squares and maximum likelihood estimation of the logistic function for technology diffusion." Technological Forecasting and Social Change 21: 241-249.

OSTER, S. (1982) "The diffusion of innovation among steel firms: the basic oxygen-furnace." Bell Journal of Economics 13: 45-56.

PERRY, J. L. and K. L. KRAEMER (1978) "Innovation attributes, policy intervention, and the diffusion of computer applications among local governments." Policy Sciences 9: 179-205.

PESSEMIER, E. A. (1977) Product Management: Strategy and Organization. New York: John Wiley.

PETERSON, R. A. and V. MAHAJAN (1978) "Multi-product growth models," pp. 201-231 in J. Sheth (ed.) Research in Marketing. Greenwich, CT: JAI Press.

PIELOU, E. C. (1969) An Introduction to Mathematical Ecology. New York: John Wiley Intersciences.

PITCHER, B. L., R. L. HAMBLIN, and J.L.L. MILLER (1978)a "The diffusion of collective violence." American Sociological Review 43: 23-35.

RANDLES, F. (1983) "On the diffusion of computer terminals in an established engineer-

ing environment." Management Science 29: 465-475.

RAO, R. C. and F. M. BASS (1984) Dynamics of New Product Prices: Theory and Evidence. Working paper. Dallas: School of Management, University of Texas.

RAPOPORT, J. (1978) "Diffusion of technological innovation among nonprofit firms: a case study of radioisotopes in U.S. hospitals." Journal of Economics and Business 39: 108-118.

RICHARDS, F. J. (1959) "A flexible growth function for empirical use." Journal of Experimental Botany 10: 290-300.

ROBERTSON, T. S. and Y. WIND (1980) "Organizational psychographics and innovativeness." Journal of Consumer Research 7: 24-31.

ROBINSON, B. and C. LAKHANI (1975) "Dynamic price models for new product planning." Management Science 21 (June): 1113-1122.

ROGERS, E. M. (1983) Diffusion of Innovations. New York: Free Press.

SAHAL, D. (1981) Patterns of Technological Innovation. Reading, MA: Addison-Wesley.

SANATANI, S. (1981) "Market penetration of new products in segmented populations: a system dynamics approach.' ' Technological Forecasting and Social Change 19: 313-329.

SCHMITTLEIN, D. and V. MAHAJAN (1982) "Maximum likelihood estimation for an innovation diffusion model of new product acceptance." Marketing Science 1: 57-78.

SHARIF, M. N. and M. N. ISLAM (1980) "The Weibull distribution as a general model for forecasting technological change." Technological Forecasting and Social Change 18: 247-256.

SHARIF, M. N. and C. KABIR (1976) "A generalized model for forecasting technological substitution." Technological Forecasting and Social Change 8: 353-364.

SHARIF, M. N. and K. RAMANATHAN (1982) "Polynomial innovation diffusion models." Technological Forecasting and Social Change 21: 301-323.

——(1981) "Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population." Technological Forecasting and Social Change 20: 63-87.

SOUDER, W. E. and A. QUADDUS (1982) "A decision-modeling approach to forecasting the diffusion of longwall mining technologies." Technological Forecasting and Social Change 21: 1-14.

SRINIVASAN, V. and C. H. MASON (1984) Nonlinear Least Squares Estimation of the Bass Diffusion Model of New Product Acceptance. Working paper. Stanford, CA: Graduate School of Business, Stanford University.

STAPLETON, E. (1976) "The normal distribution as a model of technological substitution." Technological Forecasting and Social Change 8: 325-344.

TAPIERO, C. S. (1983) "Stochastic diffusion models with advertising and word-of-mouth effects." European Journal of Operational Research 12: 348-356.

TEECE, D. J. (1980) "The diffusion of an administrative innovation." Management Science 26: 464-470.

TENG, J. T. and G. L. THOMPSON (1983) "Oligopoly models for optimal advertising when production costs obey a learning curve." Management Science 29: 1087-1101.

TIGERT, D. and B. FARIVAR (1981) "The Bass new product growth model: a sensitivity analysis for a high technology product." Journal of Marketing 45: 81-90.

VON BERTALANFFY, L. (1957) "Quantitative laws in metabolism and growth." The Quarterly Review of Biology 32: 217-231.

WALKER, J. L. (1973) "Comment: problems in research on the diffusion of policy innovations." American Political Science Review 67: 1186-1191.

WARREN, E. H., Jr. (1980) "Solar energy market penetration models: science or number mysticism?" Technological Forecasting and Social Change 16: 105-118.

WEBBER, M. J. (1972) Impact of Uncertainty on Location. Cambridge, MA: M.I.T. Press.

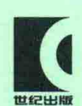
WIND, Y., V. MAHAJAN, and R. C. CARDOZO (1981) New Product Forecasting: Models and Applications. Lexington, MA: D. C. Heath.

译名对照表

adaptive estimation	自适应估计
coefficient of conversion	转变系数
communication channel	传播渠道
conductivity coefficient	传导系数
cumulative normal distribution	累积正态分布
decaying exponential	指数衰减
deterministic diffusion model	确定性扩散模型
deterministic rate equation	确定速率方程
diffusion pattern	扩散模式
diffusion process	扩散过程
dynamic diffusion models	动态扩散模型
dynamic model	动态模型
flexible diffusion models	可变扩散模型
Gompertz distribution	Gompertz 分布
innovation diffusion	创新扩散
intellectual domain	知识领域
L'hospital's rule	洛必达法则
linear scoring model	线性评分模型
logistic distribution	logistic 分布
Monte Carlo simulation model	Monte Carlo 模拟模型
multi-adoption diffusion model	多重采纳扩散模型
multi-innovation model	多重创新模型
multistage diffusion model	多阶段扩散模型
nonlinear estimation procedures	非线性估计方法
Nonsymmetric Responding Logistic	非对称响应 logisitic 模型
Non-Uniform Influence	非正式影响模型
parameter	参数
pattern sensitive	模式敏感
radioisotopes	放射性同位素
rate of diffusion	扩散率

second-order	二阶效应
space and time diffusion model	时空扩散模型
vertical channel	垂直通道
Weibull distribution function	Weibull 分布函数

上海市版权局著作权合同登记号:图字 09-2013-596



《创新扩散模型》介绍了对一项创新或者新产品的扩散过程进行建模并预测其市场潜力的方法。创新扩散模型广泛运用于市场研究、大众传播、社会学以及地理学等社会科学研究中。

本书首先介绍了创新扩散曲线和基础扩散模型，根据基础扩散模型预设前提存在的局限，接着介绍了可变扩散模型以及学者们对基础扩散模型的一系列拓展或改进。最后，使用具体案例阐释了主要扩散模型的应用情境以及不同模型之间存在的共性。

主要特点

- 对创新及类似产品的扩散过程进行建模
- 综合介绍多个学科在创新扩散模型拓展和应用方面所取得的成果
- 对每个主要扩散模型均使用案例进行介绍

上架建议：社会研究方法

ISBN 978-7-5432-2660-9



定价：25.00元

您可以通过如下方式联系到我们：
邮箱：hibooks@hibooks.cn


微信


天猫

易文网：www.ewen.co
格致网：www.hibooks.cn

[General Information]
书名=创新扩散模型
作者=（美）维贾伊·马哈贾（Vijay
页数=127
SS号=14154751
DX号=
出版日期=2016.10
出版社=上海格致出版社